

**ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД УКООПСПЛКИ
«ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ»**

**ІНСТИТУТ ЕКОНОМІКИ, УПРАВЛІННЯ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ФОРМА НАВЧАННЯ ОЧНА

КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА СОЦІАЛЬНОЇ ІНФОРМАТИКИ

Допускається до захисту

Завідувач кафедри _____ О.О. Ємець
(підпис)

« _____ » _____ 2020 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

на тему

**РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРЕНАЖЕРУ З ТЕМИ «ДЕФАЗИФІКАЦІЯ НЕЧІТКИХ МНОЖИН»
ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ
«СУЧАСНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ЇХ ПРОГРАМУВАННЯ»**

з спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

Виконавець роботи Антоненко Анна Анатоліївна _____ « ____ » _____ 2020 р.
(підпис)

Науковий керівник к.ф.-м.н., доц., Ємець Олександр Олегівна

_____ « ____ » _____ 2020 р.
(підпис)

ПОЛТАВА 2020 р.

РЕФЕРАТ

Записка: 71 с., 51 рис., 1 таблиця, 2 додатки (на 74 сторінках), 22 джерела.

Предмет розробки – тренажер, який навчає дефазифікації нечітких множин з дискретним носієм за методами: центра ваги, центра максимумів, найменшого та найбільшого з максимумів, медіани.

Мета роботи – розробити програму-тренажер, який навчає дефазифікації нечітких множин з дискретним носієм за декількома методами.

Методи розробки – середовище програмування Delphi, мова програмування Object Pascal.

Створено комп'ютерний тренажер з теми «Дефазифікація нечітких множин з дискретним носієм», в якому реалізовано навчання за п'ятьма методами дефазифікації.

Ключові слова: КОМП'ЮТЕРНИЙ ТРЕНАЖЕР, ДЕФАЗИФІКАЦІЯ, НЕЧІТКІ МНОЖИНИ З ДИСКРЕТНИМ НОСІЄМ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	10
2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД	11
2.1. Огляд тренажерів	11
2.1.1. Тренажер «Файли»	11
2.1.2. Тренажер з термінології з фізики 9 класу	15
2.1.3. Тренажер з теми «Операції з нечіткими множинами» дистанційного курсу «Сучасні методи оптимізації та їх програмування»	19
2.2. Позитивні аспекти оглянутих тренажерів	24
2.3. Недоліки оглянутих тренажерів	25
2.4. Необхідність та актуальність теми	25
3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	26
3.1. Алгоритм тренажеру	26
3.1.1. Приклад 1: дефазифікація за методом центра ваги	26
3.1.2. Приклад 2: дефазифікація за методом центра максимумів	32
3.1.3. Приклад 3: дефазифікація за методом найбільшого з максимумів	35
3.1.4. Приклад 4: дефазифікація за методом медіани	37

3.2. Блок-схема алгоритму	45
4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	50
4.1. Інструкція по використанню програми	50
4.2. Опис програми	64
ВИСНОВКИ	68
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	69
ДОДАТОК А. ПРИКЛАДИ 2-4	72
ДОДАТОК Б. ВИХІДНИЙ КОД ПРОГРАМИ	109

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Умовні позначення, символи, одиниці, скорочення, терміни	Пояснення умовних позначень, символів, одиниць, скорочень, термінів
\tilde{A}	нечітка множина
$x = \{ x_1, \dots, x_k \}$	носій нечіткої множини
$\mu_{\tilde{A}} = \{ \mu_{\tilde{A}}(x_1), \dots, \mu_{\tilde{A}}(x_k) \}$	множина функцій належності нечіткої множини
a	дефазифіковане значення нечіткої множини
$ G $	потужність множини G , тобто кількість елементів в множини G
Дефазифікація	процедура перетворення нечіткої множини в чітке число.

ВСТУП

В час, коли комп'ютерна техніка та технології отримали широке розповсюдження, можна придумати та використати нові техніки для навчання студентів. Як відомо, людина сприймає інформацію через декілька каналів – дотик, нюх, зір, слух та смак. Коли студент читає матеріал, спрацьовує лише один канал – зоровий. Якщо ж розробити програму-тренажер, то ця програма буде не лише навчати студентів, а й допоможе задіяти інші канали сприйняття інформації. Наприклад, дотик, адже студенту доводиться рухати мишкою та обмірковувати свої рухи. Загалом, можна створити такі програми-тренажери, які будуть використовувати і слуховий канал сприйняття інформації.

Таким чином, розробка програм-тренажерів для самостійного навчання є актуальною задачею.

Мета магістерської роботи – розробити програму-тренажер, який навчає дефазифікації нечітких множин з дискретним носієм за декількома методами.

Для досягнення мети випускової роботи були сформульовані задачі:

- ознайомитись з темою;
- здійснити огляд інших тренажерів, представлених в інтернеті, платформі дистанційних курсів ПУЕТ, наданих керівником;
- алгоритмізувати задачу;
- побудувати блок-схему алгоритму;
- перевести алгоритм в програму;
- перевірити програму;
- створити документацію по програмі;
- передати програму на впровадження в дистанційний курс.

Об'єкт розробки – програма, яка є тренажером, з теми «Нечіткі множини з дискретним носієм та методи їх дефазифікації».

Предмет розробки – тренажер, який навчає дефазифікації нечітких множин з дискретним носієм за методом центра ваги, методом центра максимумів, методом найменшого з максимумів, найбільшого максимумів, методом медіани.

Методи розробки – середовище програмування Delphi, мова програмування Object Pascal.

Самостійний внесок – алгоритм, блок-схема та програма створені повністю самостійно.

Практична новизна – створена тренажер з теми «Дефазифікація нечітких множин з дискретним носієм». Тренажеру з даної тематики в інтернеті не виявлено.

Пояснювальна записка складається з чотирьох частин. В першій – постановка задачі – сформульовано технічне завдання роботи. В другій – інформаційний огляд – проаналізовано переглянуті тренажери. В третій – інформаційній – викладено алгоритм тренажеру з задано теми та блок-схему. В четвертій – практичній – показано, як працює програма, та описано найсуттєвіші моменти при створенні програми.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Для виконання магістерської роботи спочатку необхідно вивчити матеріал про нечіткі множини з дискретним носієм та методи їх дефазифікації [1-4]. За основу взяти матеріал дистанційного курсу [1].

Далі слід розробити алгоритм тренажеру, який перевіряє теоретичні знання (якщо є необхідність) та навчає таким методам дефазифікації нечітких множин з дискретним носієм:

- центра ваги;
- центра максимумів;
- найменшого з максимумів;
- найбільшого максимумів;
- медіани.

Алгоритм повинен передбачати підтверджувальні відповіді у випадку вірності відповідей та пояснення помилок у випадку хибних відповідей. Етапи алгоритму повинні бути достатньо простими, детальними та елементарними.

Для алгоритму (декількох кроків) створити блок-схему.

За алгоритмом створити програму на будь-якій сучасній та доцільній для даної тематики мові програмування.

Виконати тестування програми. За наявності помилок у програмі усунути їх.

Після тестування описати, як створювалась програма, представити копії екранів програми для всіх кроків тренажеру у пояснювальній записці.

Передати програму на впровадження у дистанційний курс [1] Полтавського університету економіки і торгівлі.

2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД

2.1. Огляд тренажерів

Розглянемо деякі тренажери [5-17].

2.1.1. Тренажер «Файли»

Цей тренажер, представлений в мережі інтернет, містить три завдання. Перше завдання (рис. 2.1) полягає у перетягуванні текстових блоків на малянок, так що утворились вірні шляхи до файлів. При вірних відповідях (рис. 2.2) стає активною кнопка «Далее». При помилках – помилкові блоки виділяються жовтим (рис. 2.3), їх слід виправити та натиснути кнопку «Далее».

На рис. 2.4-2.7 представленні друге і третє завдання.

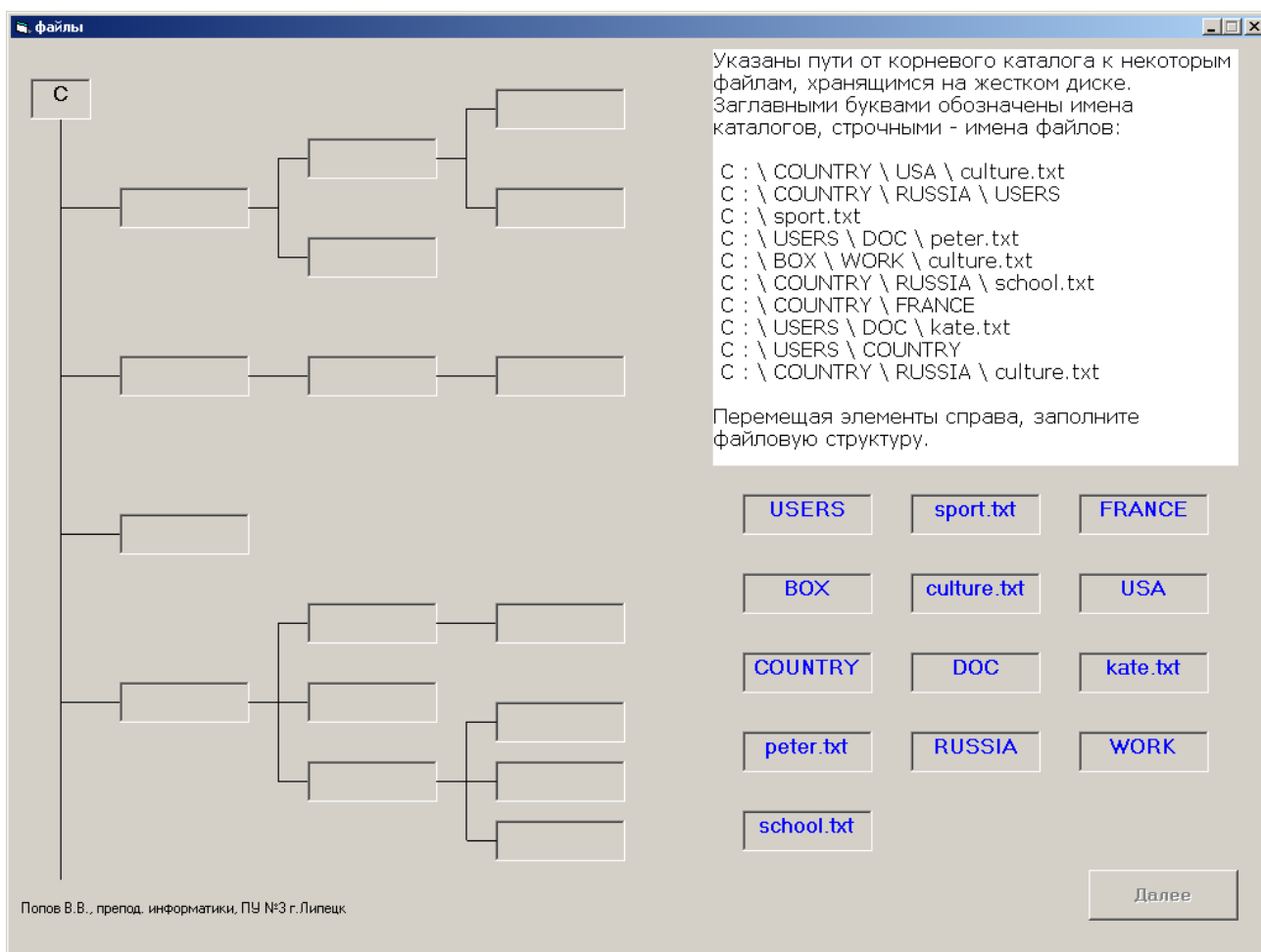


Рисунок 2.1 – Тренажер «Файлы», задания 1

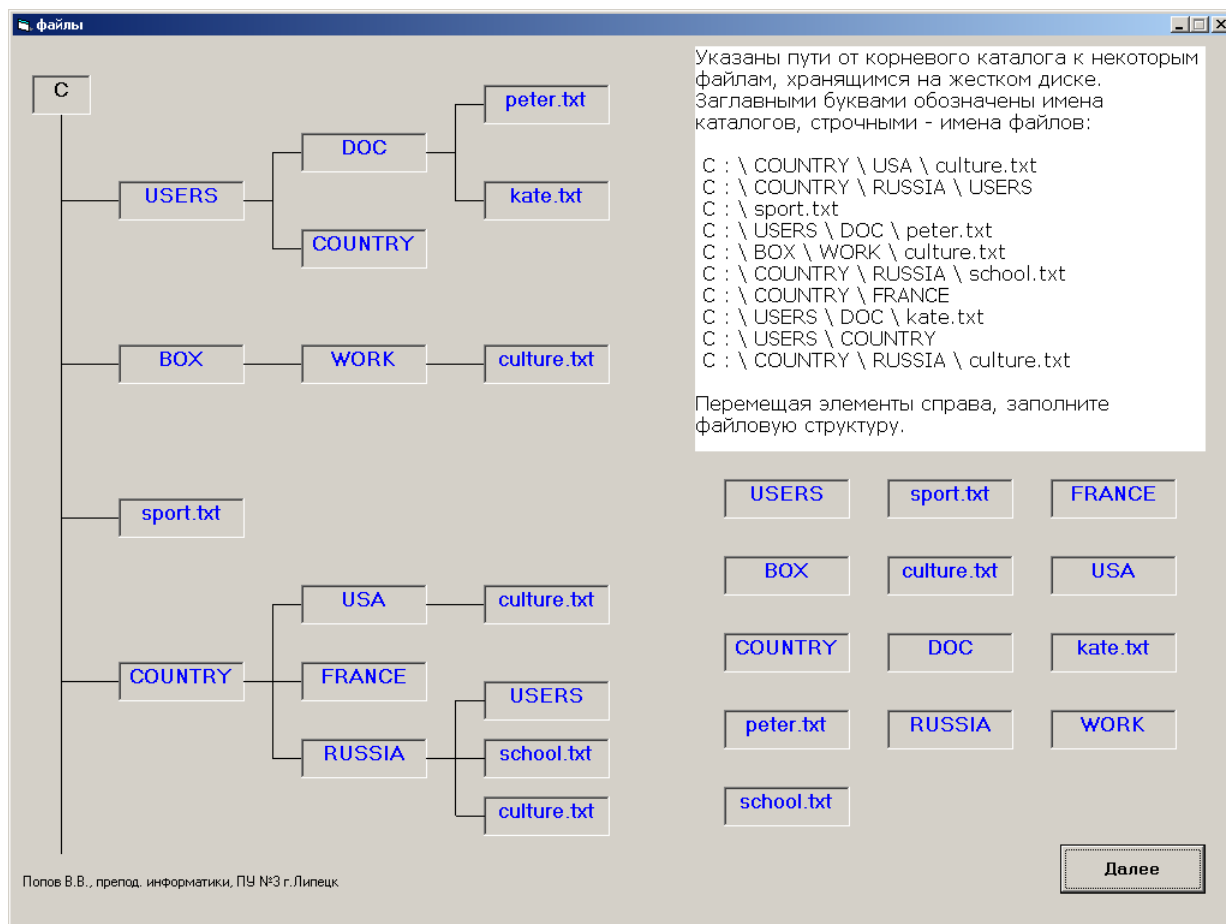


Рисунок 2.2 – Тренажер «Файлы», задания 1 с верными ответами

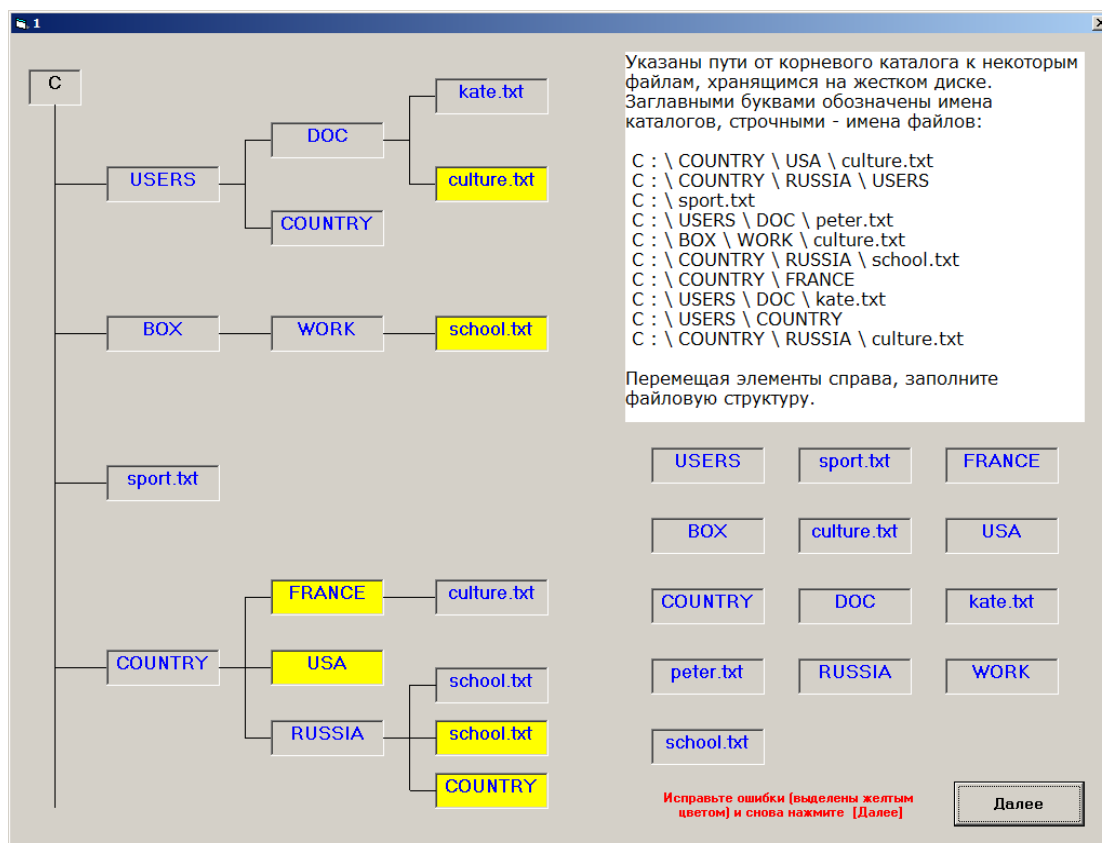


Рисунок 2.3 – Тренажер «Файлы», задания 1 з помилками

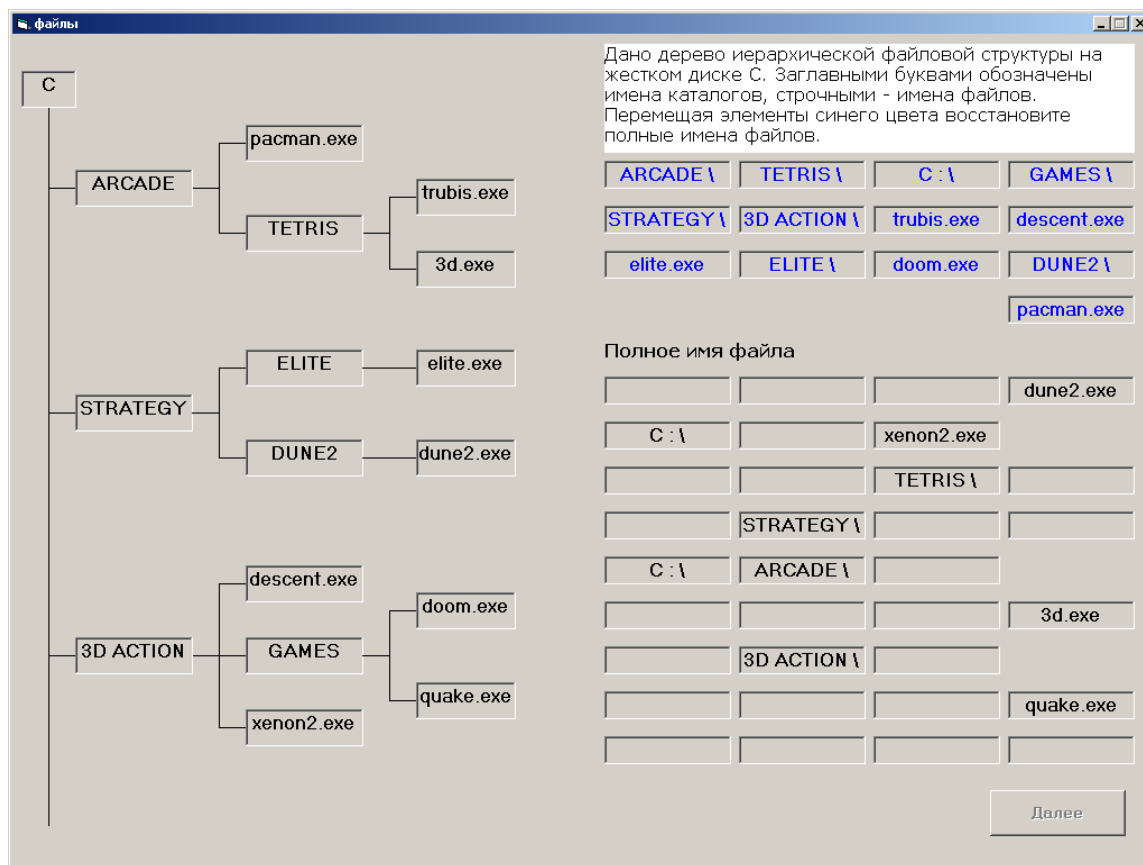


Рисунок 2.4 – Тренажер «Файлы», задания 2

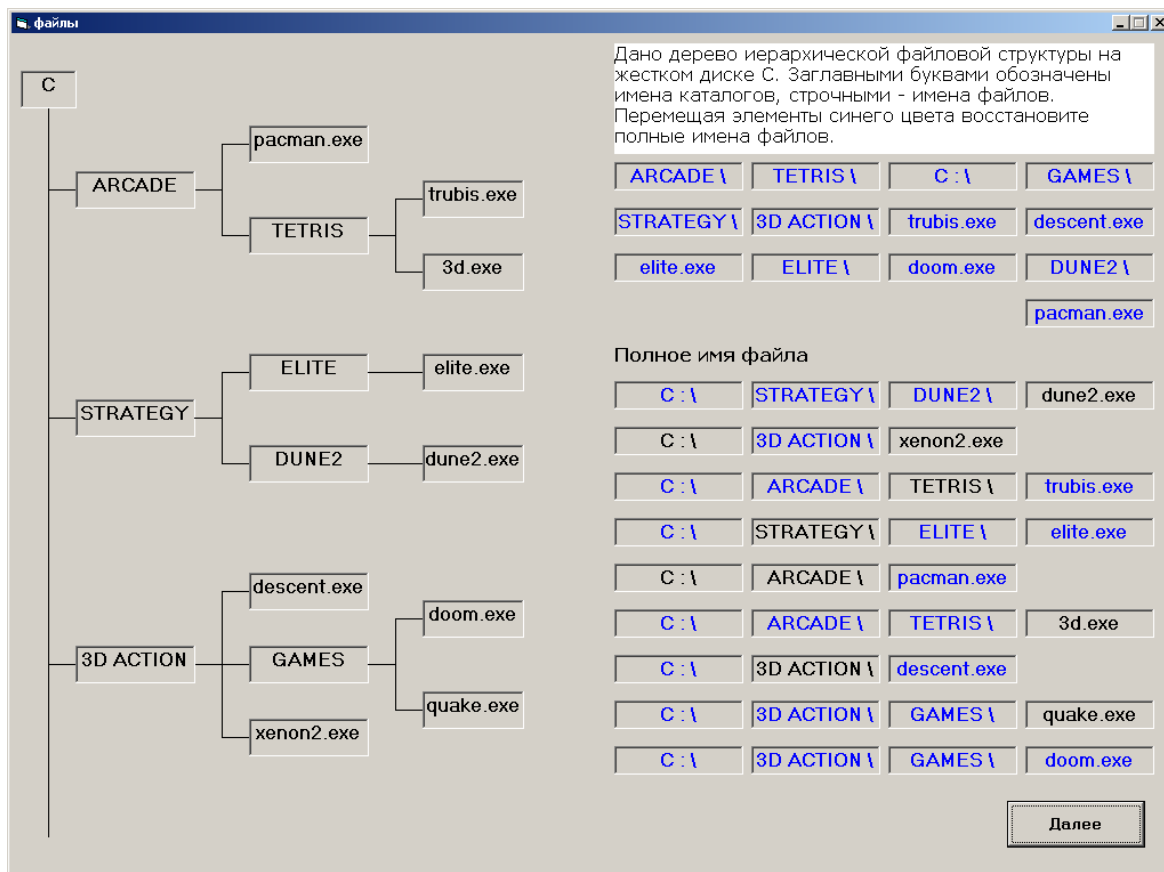


Рисунок 2.5 – Тренажер «Файлы», задание 2 с верными ответами

Ниже представлены файлы находящиеся в каталоге одной игры. Переместите их в пустые ячейки таблицы по смыслу.

Информация о файле	Файл
файл запускающий игру	
файл хранящий инструкцию к игре	
файл музыкального сопровождения игры	
файл графической заставки игры	
файл содержащий видеоролик	
файл содержащий архив	
файл содержащий данные необходимые для игры	

file.dll

file.jpg

file.txt

file.exe

file.avi

file.zip

file.wav

Далее

Рисунок 2.6 – Тренажер «Файлы», задание 3

Ниже представлены файлы находящиеся в каталоге одной игры. Переместите их в пустые ячейки таблицы по смыслу.

Информация о файле	Файл
файл запускающий игру	file.exe
файл хранящий инструкцию к игре	file.txt
файл музыкального сопровождения игры	file.wav
файл графической заставки игры	file.jpg
файл содержащий видеоролик	file.avi
файл содержащий архив	file.zip
файл содержащий данные необходимые для игры	file.dll

file.dll

file.jpg

file.txt

file.exe

file.avi

file.zip

file.wav

Далее

Рисунок 2.7 – Тренажер «Файлы», задание 3 с верными ответами

Після проходження тренування з'являється або рис. 2.8 (якщо помилок в процесі тренінгу не було) або рис. 2.9.

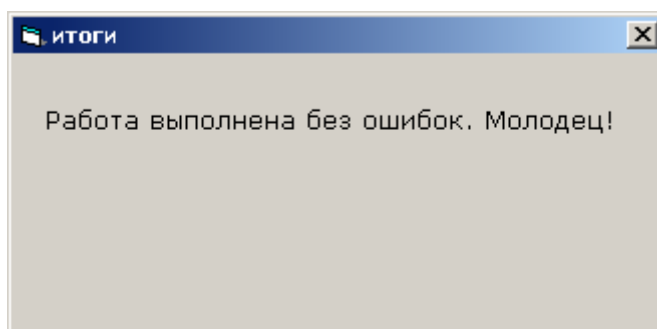


Рисунок 2.8 – Кінець тренінгу

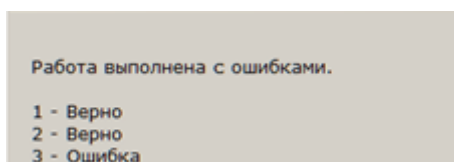


Рисунок 2.9 – Кінець тренінгу

Як бачимо, в основі тренажеру лежить принцип перетягування відповідей.

2.1.2. Тренажер з термінології з фізики 9 класу

Тренажер, знайдений в мережі інтернет [5-6], являє собою методологію з вивчення фізичної термінології, формул, позначок, одиниць вимірювання. Ця методологія легко може лягти в основу комп'ютерних тренажерів.

В роботі [5-6] підкреслюється, що людина сприймає інформації через п'ять каналів сприйняття: *дотик, нюх, зір, слух, смак*. У кожної людини ці канали розвинені по-різному, в зв'язку з цим всіх людей ділять на декілька груп:

- **кінестетики** – сприймають світ через дотик. Для них важливий досвід відчуттів, емоційне підкріплення; добре запам'ятовують запахи, тактильні контакти, фізичні дії;
- **візуали** – люди, які сприймають більшу частину інформації за допомогою зору;

- **аудіали** – ті, хто, в основному, отримує інформацію через слуховий канал;
- **дискретики** – у них сприйняття інформації відбувається, в основному, через логічне осмислення, за допомогою цифр, знаків, логічних доказів. Ця категорія сама нечисленна.

В [5-6] пропонується визначити тип особистості слухача: кінестетик, візуал, аудіал, дискретик. І запропонувати вправи для його типу особистості.

Вправи, що пропонуються у тренінгу даної методології, ґрунтуються на класифікаційних таблицях з кожної теми та списках. Такі таблиці та списки для учнів 9-ого класу пропонуються в [6]. У таблиці 2.1 представлена частина подібної таблиці з теми «Електричні явища» [6].

Таблиця 2.1 – Класифікація фізичної термінології з теми «Електричні явища»

№	Символ	Назва	Значення або формула	Читання формул	Одиниці вимірності	Пояснення
1.	e	Елементарний заряд	$1,6 \cdot 10^{-19}$		Кл	Мінімально можливий електричний заряд.
2.	q_{el}	Заряд електрона	$-1,6 \cdot 10^{-19}$		Кл	Мінімальний від'ємний заряд.
3.	q_p	Заряд протона	$1,6 \cdot 10^{-19}$		Кл	Мінімальний додатний заряд.
4.	q_n	Заряд нейтрона	0		Кл	Нейтрон електрично нейтральний.
5.	Z	Кількість протонів в ядрі = номеру елемента в періодичній системі елементів	$Z = A - N$	Кількість протонів в ядрі дорівнює різниці атомної маси і кількості нейтронів в ядрі.	шт.	Атом складається з ядра і електронів, що обертаються навколо нього.

Продовження таблиці 2.1

№	Символ	Назва	Значення або формула	Читання формул	Одиниці вимірності	Пояснення
6.	A	Масове число ядра або кількість нуклонів	$A = Z + N$	Кількість нуклонів в ядрі дорівнює сумі протонів і нейтронів.	шт.	Атом електрично нейтральний.
7.	N	Кількість нейтронів в ядрі	$N = A - Z$	Кількість нейтронів в ядрі дорівнює різниці атомної маси і порядкового номеру хімічного елемента.	шт.	Ядро складається з нуклонів: протонів і нейтронів.
8.	$q_{\text{ядра}}$	Заряд атомного ядра	$q_{\text{ядра}} = Ze$	Заряд ядра дорівнює добутку кількості протонів в ядрі (порядкового номера) на заряд протона.	Кл	Ядро атома завжди є зарядженим позитивно.
9.	$q_{\text{ел-нів}}$	Заряд атомних електронів	$q_{\text{ел-нів}} = -Ze$	Сумарний заряд електронів дорівнює добутку кількості електронів в ядрі (порядкового номера) на заряд одного електрона.	Кл	Кількість електронів в атомі дорівнює кількості протонів.
10.	$F_{\text{ел}}$	Електрична сила	$F_{\text{ел}} = ma$	Електрична сила дорівнює добутку маси зарядженої частинки на прискорення частинки	Н	Сила, з якою електричне поле діє на електричний заряд.

Список № 1

1. e 2. $q_{\text{эл}}$ 3. q_p 4. q_n 5. Z 6. A 7. N 8. $q_{\text{ядра}}$ 9. $q_{\text{ел-нів}}$ 10. $F_{\text{ел}}$

Список № 2

1. Елементарний заряд 2. Заряд електрона 3. Заряд протона 4. Заряд нейтрона 5. Кількість протонів в ядрі 6. Масове число ядра або кількість нуклонів 7. Кількість нейтронів в ядрі 8. Заряд атомного ядра 9. Заряд атомних електронів 10. Електрична сила.

Список № 3

1. $1,6 \cdot 10^{-19}$ 2. $-1,6 \cdot 10^{-19}$ 3. $1,6 \cdot 10^{-19}$ 4. 0 5. $Z = A - N$ 6. $A = Z + N$ 7. $N = A - Z$ 8. $q_{\text{ядра}} = Ze$ 9. $q_{\text{ел-нів}} = -Ze$ 10. $F_{\text{ел}} = ma$

Список № 4

1. Кл 2. Кл 3. Кл 4. Кл 5. шт. 6. шт. 7. шт. 8. Кл 9. Кл 10. Н .

Вправа 1. Термінологічний диктант.

Вправа 2. Той термін (позначку тощо), що не вдається запам'ятати, спробувати «записати» носом. Для цього закрити очі, потім рухати носом по уявній поверхні.

Вправа 3. Аналогічно вправі 2, але «писати» уявною ручкою.

Вправа 4. Роботи вправи дуже повільно.

Вправа 5. Прочитати таблицю класифікації (табл. 2.1) «задом наперед».

Вправа 6. Прочитати таблицю класифікації (табл. 2.1) вголос з останнього терміну до першого.

Вправа 7. Робота в парі. Одна особа є учнем, інша – репетитором. Учень дивиться на список № 1 і промовляє, як називається та чи інша буква. Репетитор перевіряє правильність назви за таблицею № 1.

Вправа 8. Робота в парі. Одна особа є учнем, інша – репетитором. Учень дивиться на список № 2 і промовляє, як називається та чи інша буква. Репетитор перевіряє правильність назви за таблицею № 1.

2.1.3. Тренажер з теми «Операції з нечіткими множинами» дистанційного курсу «Сучасні методи оптимізації та їх програмування»

Розглянемо тренажер (рис. 2.10-2.19), створений студентом напрямку «Інформатика» ПУЕТ Кондрашевим Денисом у 2015 р., для теми «Операції з нечіткими множинами» для дистанційного курсу «Сучасні методи оптимізації та їх програмування».

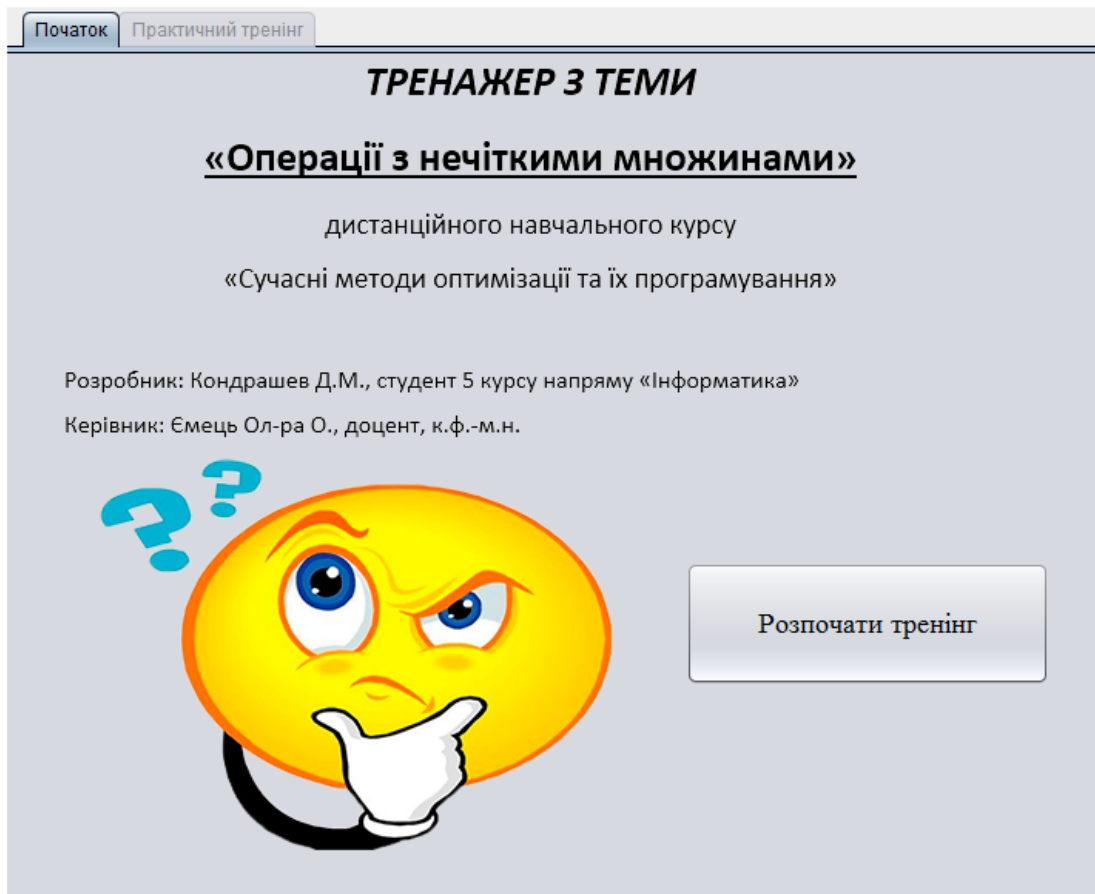


Рисунок 2.10 – Головне вікно тренажера

Спочатку тренажер перевіряє теоретичні знання (рис. 2.11-2.12). Потім йде перехід до однієї з операцій над нечіткими множинами (рис. 2.13).

На рис. 2.14-2.19 – показано, як працює тренажер при виборі операції об'єднання. В кінці – пропонується перехід до наступної операції (рис. 2.19).

При помилках комірки зафарбовуються в червоний колір, при вірних значеннях – в зелений.

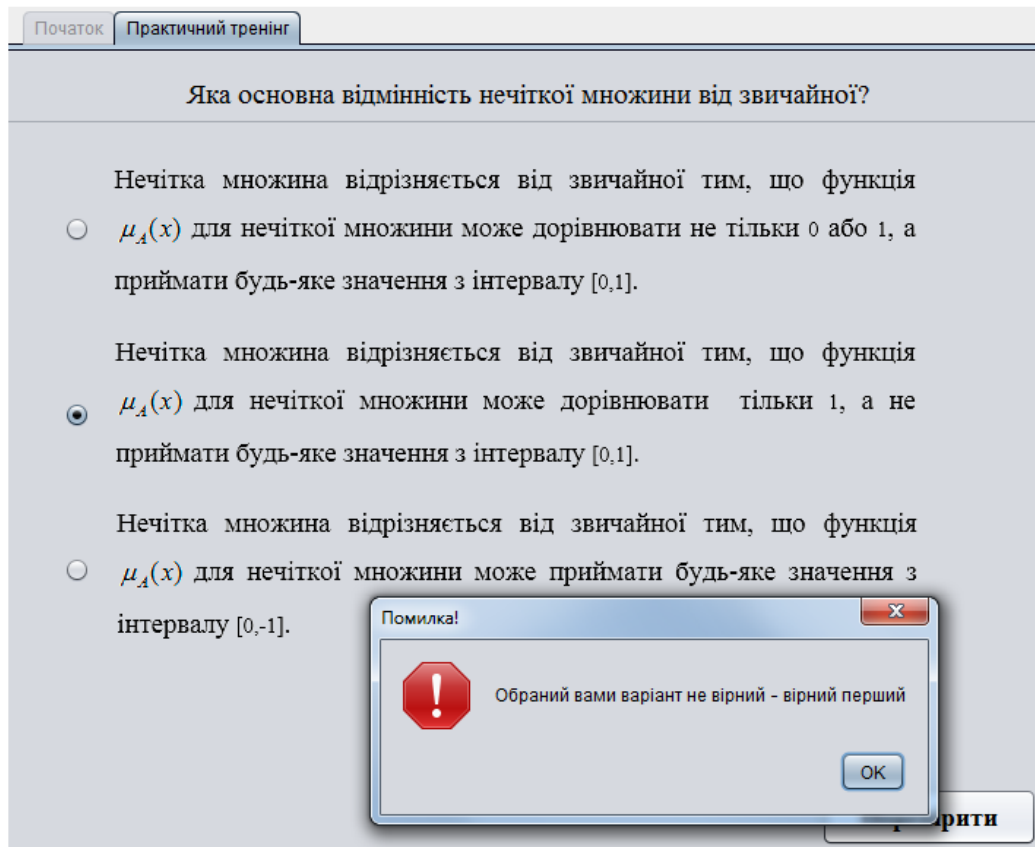


Рисунок 2.11 – Перший крок тренажера

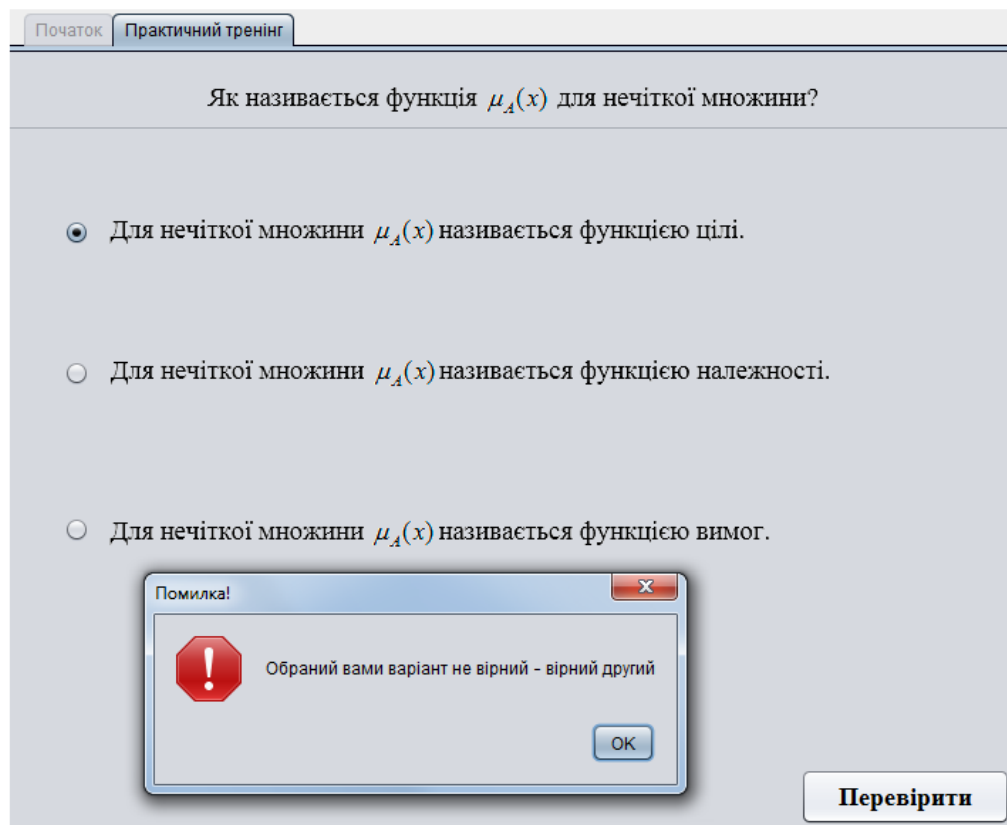


Рисунок 2.12 – Другий крок тренажера

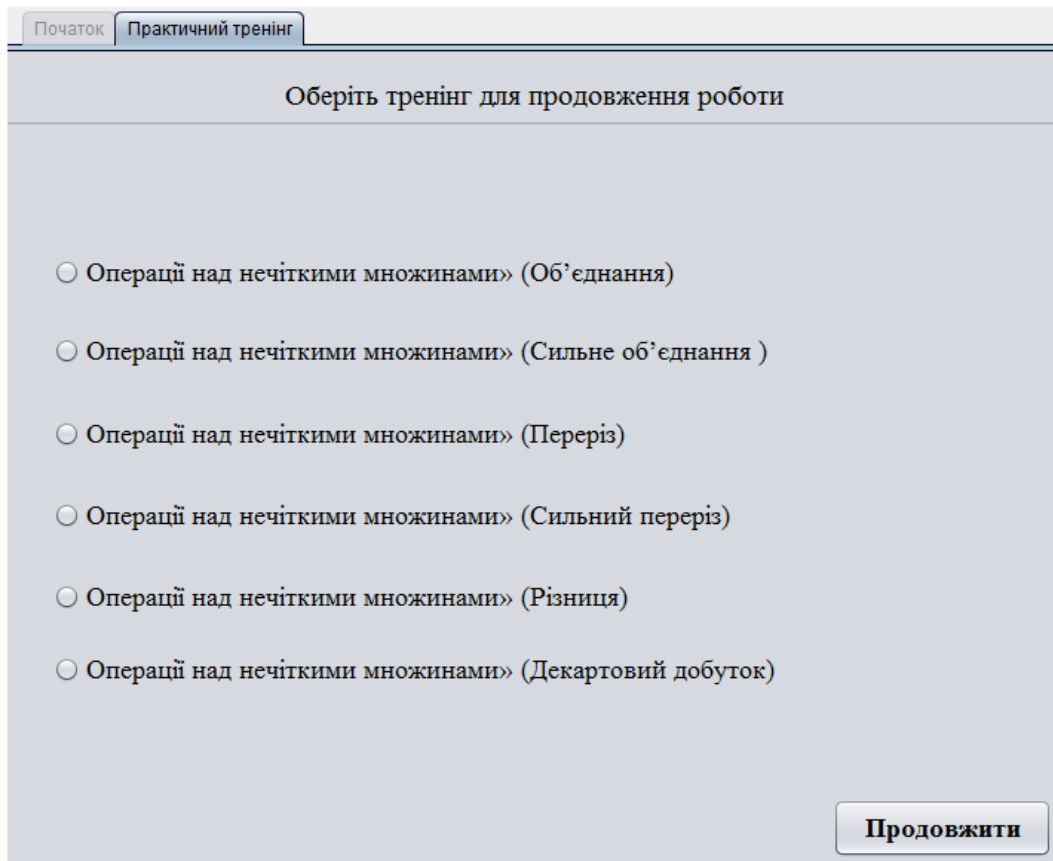


Рисунок 2.13 – Вибір операції

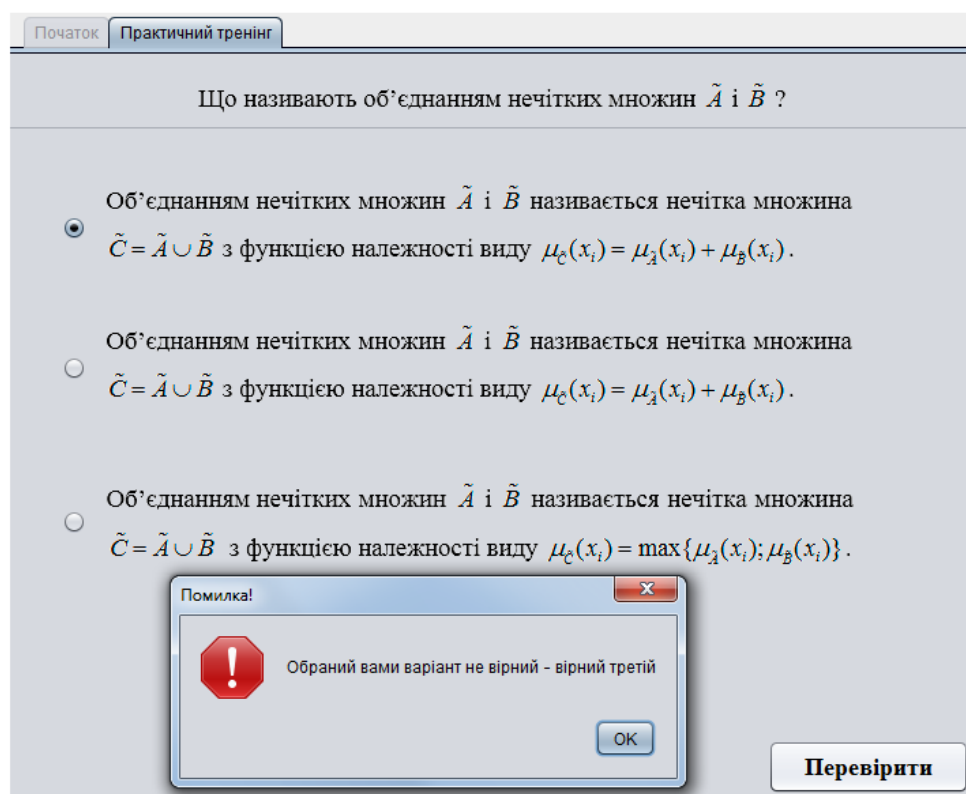


Рисунок 2.14 – Об'єднання множин (перше питання)

Початок Практичний тренінг

Виконати об'єднання двох нечітких множин \tilde{A} і \tilde{B} , де

$$\tilde{A} = \{ (155|0), (160|0.1), (165|0.3), (170|0.8), (175|1), (180|1), (185|0.5), (190|0) \},$$


$$\tilde{B} = \{ (150|0.1), (155|0.4), (160|0.8), (165|0.8), (170|0.4), (175|0.1) \}.$$

Зважаючи на умову завдання,
чи можливо виконати об'єднання даних множин?

☐ Так

☒ Ні, оскільки множини мають різну потужність.

Помилка!



Обраний вами варіант не вірний - вірний перший

ОК

Перевірити

Рисунок 2.15 – Об'єднання множин (друге питання)


Початок Практичний тренінг

Перетворимо нечіткі множини \tilde{A} і \tilde{B} так, щоб кількість пар в них була однакова. Які із запропонованих дій необхідно для цього виконати?

☐ Необхідно доповнити множини \tilde{A} і \tilde{B} елементами, які є в іншій множині з функцією належності рівною 0.

☒ Необхідно доповнити множини \tilde{A} і \tilde{B} елементами, які є в іншій множині функцією належності рівною 1.

Помилка!



Обраний вами варіант не вірний - вірний перший

ОК

Перевірити

Рисунок 2.16 – Об'єднання множин (третє питання)

Початок Практичний тренінг

Виконати об'єднання двох нечітких множин \tilde{A} і \tilde{B} , де

$$\tilde{A} = \{ (155|0), (160|0.1), (165|0.3), (170|0.8), (175|1), (180|1), (185|0.5), (190|0) \},$$

$$\tilde{B} = \{ (150|0.1), (155|0.4), (160|0.8), (165|0.8), (170|0.4), (175|0.1) \}.$$

Множини \tilde{A} і \tilde{B} перетворимо до зручного вигляду.

Впишіть значення в активні комірки.

$\tilde{A} = \{ ($ $), ($ $), ($ $), ($ $), ($ $), ($ $), ($ $), ($ $) \}$

$\tilde{B} = \{ ($ $), ($ $), ($ $), ($ $), ($ $), ($ $) \}$

Помилка!

Вірне значення: 155

OK

Перевірити

Рисунок 2.17 – Об'єднання множин (четверте питання)

Початок Практичний тренінг

Виконати об'єднання двох нечітких множин \tilde{A} і \tilde{B} , де

$$\tilde{A} = \{ (155|0), (160|0.1), (165|0.3), (170|0.8), (175|1), (180|1), (185|0.5), (190|0) \},$$

$$\tilde{B} = \{ (150|0.1), (155|0.4), (160|0.8), (165|0.8), (170|0.4), (175|0.1) \}.$$

Виконайте операцію об'єднання для заданих нечітких множин, результати занесіть до відповідних комірок

$\tilde{A} \cup \tilde{B} = \{ ($ $), ($ $), ($ $), ($ $), ($ $), ($ $) \}$

Помилка!

Введене значення невірне - порівняйте значення функцій належності та запишіть більше з них.

OK

Перевірити

Рисунок 2.18 – Об'єднання множин (п'яте питання)

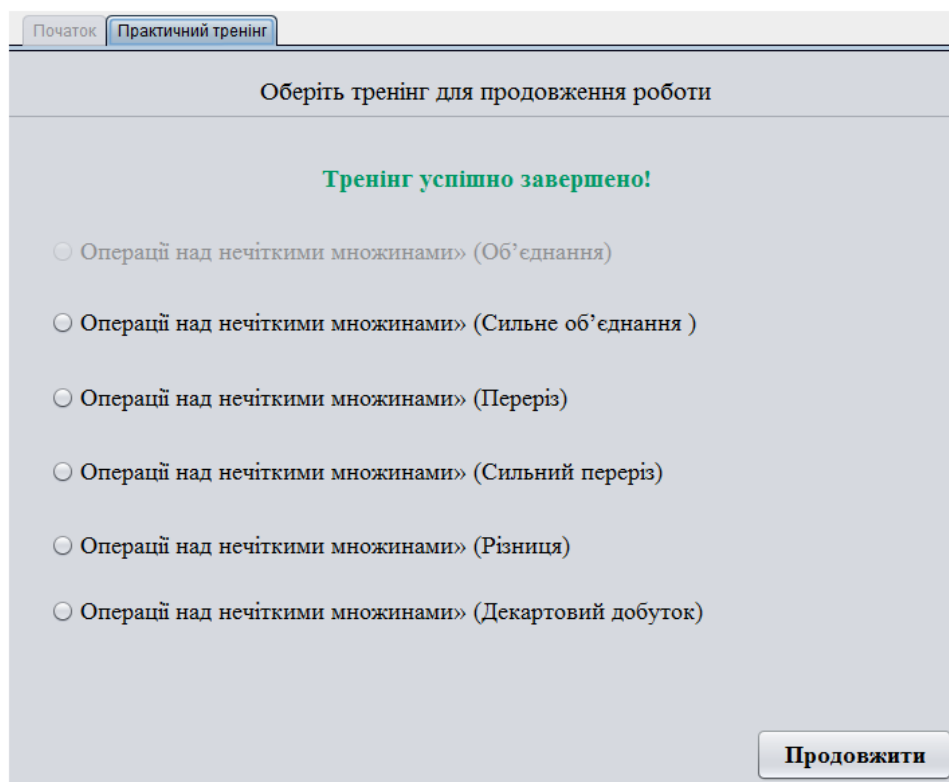


Рисунок 2.19 – Об'єднання множин (шосте питання)

2.2. Позитивні аспекти оглянутих тренажерів

Тренажер «Файли»: 1) принцип перетягування, закладений в цей тренажер, може бути використаний для перетягування картинок та тексту складної структури; 2) перетягування – зручніше та швидше введення; 3) разом з тренажером міститься файл-інструкція; 4) використання кольорів покращує сприйняття.

Тренажер з термінології з фізики: 1) враховує особистість учня: які канали сприйняття інформації домінують; 2) містить різні типи вправи, що дає змогу краще запам'ятати матеріал; 3) дає методику запам'ятовування абстрактної інформації.

Тренажер «Операції з нечіткими множинами»: 1) здійснено тренінг з багатьох операцій; 2) використання кольорів поживає дизайн тренажера та дає краще сприйняття інформації.

2.3. Недоліки оглянутих тренажерів

Тренажер «Файли»: 1) має фіксований розмір вікна, тому якщо екран комп'ютера маленький, то вікно не вміщується, при цьому кнопка «Далее» розміщується в кінці вікна, тому її неможливо або важко натиснути.

Тренажер з термінології з фізики: 1) не є комп'ютерним тренажером, а тільки методологією, яка ще потребує програмування; 2) потребує складання класифікаційних таблиць, що в свою чергу потребує допомоги експертів; 3) подібний принцип тренінгу має обмежену область застосування.

Тренажер «Операції з нечіткими множинами»: 1) деякі пояснення при помилках або відсутні, або не до кінці зрозумілі.

2.4. Необхідність та актуальність теми

Розглянуті тренажери є абсолютно різними, використовують різну методологію та техніки при програмуванні.

А отже, для конкретної задачі можна знайти і застосувати прийнятні прийоми, які дадуть змогу краще зрозуміти матеріал. При цьому можна вибрати з дуже широкого спектру технік програмування.

Таким чином, можна підвищити ефективність навчання, використовуючи вдало розроблений та запрограмований тренажер.

3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

3.1. Алгоритм тренажеру

3.1.1. Приклад 1: дефазифікація за методом центра ваги

Умова. Провести дефазифікацію нечіткої множини

$\tilde{A} = \{ (155|0), (160|0,1), (165|0,3), (170|0,8), (175|1), (180|1), (185|0,5), (190|0) \}$ за методом центра ваги.

Питання 1. Нечітка множина складається з множини пар, в яких перші елементи утворюють носій нечіткої множини, а другі – множину функцій належності.

Скільки пар в нечіткій множині \tilde{A} ?

$$k = \square$$

Правильна відповідь: $k = 8$. В цьому випадку з'являється підтвердження «Правильно!» та програма переходить до питання 2.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Помилка! Множина складається з восьми пар. Перша пара – це $(155|0)$, друга пара – $(160|0,1)$, ..., восьма пара – $(190|0)$.».

Питання 2. Нечітка множина складається з множини пар, в яких перші елементи утворюють носій нечіткої множини, а другі – множину функцій належності.

Зазначте носій нечіткої множини \tilde{A} (в порядку зростання елементів носія):

$$x = \{ \square; \square; \square; \square; \square; \square; \square; \square \}$$

Правильна відповідь: $x = \{ 155; 160; 165; 170; 175; 180; 185; 190 \}$. В цьому випадку з'являється підтвердження «Вірно!» та програма переходить до питання 3.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Не правильно! Перші елементи пар нечіткої множини утворюють носій нечіткої множини. Отже, це множина $x = \{ 155; 160; 165; 170; 175; 180; 185; 190 \}$.».

Питання 3. Нечітка множина складається з множини пар, в яких перші елементи утворюють носій нечіткої множини, а другі – множину функцій належності.

Вкажіть множину функцій належності нечіткої множини \tilde{A} (в порядку зростання):

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \{ \square; \square; \square; \square; \square; \square \}$$

Правильна відповідь – $\mu_{\tilde{A}}(x) = \{ 0; 0,1; 0,3; 0,5; 0,8; 1 \}$. В цьому випадку з'являється підтвердження «Правильна відповідь!» та програма переходить до питання 4.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Не вірно! Другі елементи пар нечіткої множини утворюють множину функцій належності. При цьому елементи не повторюються (тобто однакових елементів немає). Отже, множина функцій належності – це $\{ 0; 0,1; 0,3; 0,5; 0,8; 1 \}$.».

Питання 4. Дефазифікацією називається процедура перетворення нечіткої множини в чітке число.

Дефазифікація нечіткої множини $\tilde{A} = (x_1 | \mu_{\tilde{A}}(x_1)), \dots, (x_k | \mu_{\tilde{A}}(x_k))$ за методом центра ваги виконується за формулою:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^k x_i \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_i)}{\sum_{i=1}^k \mu_{\tilde{A}}(x_i)} = \frac{x_1 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_1) + x_2 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + x_k \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_k)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + \mu_{\tilde{A}}(x_k)},$$

де k – кількість пар; x_i – елементи множини носія, $i = 1, \dots, k$;

$\mu_{\tilde{A}}(x_i)$ – елементи множини функцій належності, $i = 1, \dots, k$.

Тобто

$$a = \frac{\sum_{i=1}^k x_i \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_i)}{\sum_{i=1}^k \mu_{\tilde{A}}(x_i)} = \frac{\sum_{i=1}^8 x_i \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_i)}{\sum_{i=1}^8 \mu_{\tilde{A}}(x_i)} = \frac{x_1 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_1) + x_2 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + x_8 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_8)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + \mu_{\tilde{A}}(x_8)}.$$

Розставте елементи носія нечіткої множини \tilde{A} :

$$a = \frac{x_1 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_1) + x_2 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + x_8 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_8)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + \mu_{\tilde{A}}(x_8)} =$$

$$= \frac{\square \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_1) + \square \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \square \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \square \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \square \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \square \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \square \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \square \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_8)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8)}$$

Правильна відповідь:

$$\frac{155 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_1) + 160 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_2) + 165 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_3) + 170 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_4) + 175 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_5) + 180 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_6) + 185 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_7) + 190 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_8)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8)}$$

В цьому випадку з'являється підтвердження «Молодець!» та програма переходить до питання 5.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Є помилка! В клітинках слід проставити елементи носія з кожної пари по черзі. Тобто в першу клітинку – число 155, в другу – 160, в третю – 165, в четверту – 170, в п'яту – 175, в шосту – 180, в сьому – 185, у восьму – 190.».

Питання 5. Розставте в чисельнику елементи множини функцій належності нечіткої множини \tilde{A} :

$$a = \frac{155 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_1) + 160 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_2) + 165 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_3) + 170 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_4) + 175 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_5) + 180 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_6) + 185 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_7) + 190 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_8)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8)} =$$

$$= \frac{155 \cdot \square + 160 \cdot \square + 165 \cdot \square + 170 \cdot \square + 175 \cdot \square + 180 \cdot \square + 185 \cdot \square + 190 \cdot \square}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8)}$$

Правильна відповідь:

$$\frac{155 \cdot 0 + 160 \cdot 0,1 + 165 \cdot 0,3 + 170 \cdot 0,8 + 175 \cdot 1 + 180 \cdot 1 + 185 \cdot 0,5 + 190 \cdot 0}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8)}$$

В цьому випадку з'являється підтвердження «Розумник!» та програма переходить до питання 6.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Є неточності! В клітинках слід проставити значення функцій належності з кожної пари по черзі. Тобто в першу клітинку – число 0; в другу – 0,1; в третю – 0,3; в четверту – 0,8; в п'яту – 1; в шосту – 1; в сьому – 0,5; у восьму – 0.».

Питання 6. Розставте в знаменнику елементи множини функцій належності нечіткої множини \tilde{A} :

$$a = \frac{155 \cdot 0 + 160 \cdot 0,1 + 165 \cdot 0,3 + 170 \cdot 0,8 + 175 \cdot 1 + 180 \cdot 1 + 185 \cdot 0,5 + 190 \cdot 0}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8)} =$$

$$= \frac{155 \cdot 0 + 160 \cdot 0,1 + 165 \cdot 0,3 + 170 \cdot 0,8 + 175 \cdot 1 + 180 \cdot 1 + 185 \cdot 0,5 + 190 \cdot 0}{\square + \square + \square + \square + \square + \square + \square + \square}$$

Правильна відповідь:

$$a = \frac{155 \cdot 0 + 160 \cdot 0,1 + 165 \cdot 0,3 + 170 \cdot 0,8 + 175 \cdot 1 + 180 \cdot 1 + 185 \cdot 0,5 + 190 \cdot 0}{0 + 0,1 + 0,3 + 0,8 + 1 + 1 + 0,5 + 0}$$

В цьому випадку з'являється підтвердження «Гарна робота!» та програма переходить до питання 7.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Є похибки! В клітинках слід проставити значення функцій належності з кожної пари по черзі. Тобто в першу клітинку – число 0; в другу – 0,1; в третю – 0,3; в четверту – 0,8; в п'яту – 1; в шосту – 1; в сьому – 0,5; у восьму – 0.».

Питання 7. Порахуйте значення чисельника:

$$a = \frac{155 \cdot 0 + 160 \cdot 0,1 + 165 \cdot 0,3 + 170 \cdot 0,8 + 175 \cdot 1 + 180 \cdot 1 + 185 \cdot 0,5 + 190 \cdot 0}{0 + 0,1 + 0,3 + 0,8 + 1 + 1 + 0,5 + 0} =$$

$$= \frac{\square}{0+0,1+0,3+0,8+1+1+0,5+0}$$

Правильна відповідь: $\frac{649}{0+0,1+0,3+0,8+1+1+0,5+0}$. В цьому випадку

з'являється підтвердження «Все вірно!» та програма переходить до питання 8.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Спробуйте ще раз!
 $155 \cdot 0 + 160 \cdot 0,1 + 165 \cdot 0,3 + 170 \cdot 0,8 + 175 \cdot 1 + 180 \cdot 1 + 185 \cdot 0,5 + 190 \cdot 0 = 649$.».

Питання 8. Порахуйте значення знаменника:

$$a = \frac{649}{0+0,1+0,3+0,8+1+1+0,5+0} = \frac{649}{\square}$$

Правильна відповідь: $\frac{649}{3,7}$. В цьому випадку з'являється підтвердження

«Так тримати!» та програма переходить до питання 9.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Не здавайтесь!
 $0+0,1+0,3+0,8+1+1+0,5+0 = 3,7$.».

Питання 9. Порахуйте значення a та введіть з точністю до двох знаків після коми:

$$a = \frac{649}{3,7} \approx \square$$

Правильна відповідь: $a \approx 175,41$. В цьому випадку з'являється підтвердження «Все правильно!».

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Хибна відповідь!»

$$a = \frac{649}{3,7} \approx 175,41.»$$

На екрані з'являється повідомлення «Отже, дефазифіковане значення a заданої нечіткої множини за методом центра ваги – це 175,41.».

На екрані – «Кінець прикладу 1!».

3.1.2. Приклад 2: дефазифікація за методом центра максимумів

Умова. Провести дефазифікацію нечіткої множини

$\tilde{A} = \{ (155|0), (160|0,1), (165|0,3), (170|0,8), (175|1), (180|1), (185|0,5), (190|0) \}$ за методом центра максимумів.

Питання 1-3. Ті ж самі, що у прикладі 1.

Питання 4. Дефазифікацією називається процедура перетворення нечіткої множини в чітке число.

Дефазифікація нечіткої множини $\tilde{A} = (x_1 | \mu_{\tilde{A}}(x_1)), \dots, (x_k | \mu_{\tilde{A}}(x_k))$ за методом центра максимумів виконується за формулою:

$$a = \frac{\sum_{x_i \in G} x_i}{|G|},$$

де x_i – елементи множини носія, $i = 1, \dots, k$;

G – множина всіх елементів носія, що мають максимальне значення функції належності;

$|G|$ – потужність множини G .

Вкажіть максимальне значення функції належності: .

Правильна відповідь: 1. В цьому випадку з'являється підтвердження «Ви праві!» та програма переходить до питання 5.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Ви не праві! Максимальний елемент в множині значень функцій належності $\{0; 0,1; 0,3; 0,5; 0,8; 1\}$ – це 1.».

Питання 5. Зазначте елементи носія (за зростанням), які мають максимальне значення функції належності, тобто одиницю:

$$G = \{ \square; \square \}$$

Правильна відповідь: $G = \{175; 180\}$. В цьому випадку з'являється підтвердження «Чемпіон!» та програма переходить до питання 6.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Не зовсім так! Елементи носія, для яких значення функції належності 1, – це 175 та 180.».

Питання 6. Вкажіть потужність множини $G = \{175; 180\}$, тобто кількість елементів в множині G :

$$|G| = \square$$

Правильна відповідь: $|G| = 2$. В цьому випадку з'являється підтвердження «Ок!» та програма переходить до питання 7.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Помилкова відповідь! В множині G два елемента, отже, $|G| = 2$.».

Питання 7. Отже,

$$a = \frac{\sum_{x_i \in G} x_i}{|G|} = \frac{x_5 + x_6}{|G|}.$$

Розставте елементи з множини $G = \{ 175; 180 \}$:

$$a = \frac{\sum_{x_i \in G} x_i}{|G|} = \frac{x_5 + x_6}{|G|} = \frac{\square + \square}{|G|}$$

Правильна відповідь: $a = \frac{\sum_{x_i \in G} x_i}{|G|} = \frac{x_5 + x_6}{|G|} = \frac{175 + 180}{|G|}$. В цьому випадку

з'являється підтвердження «Все гаразд!» та програма переходить до питання 8.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Ні! $G = \{ x_5, x_6 \} = \{ 175; 180 \}$ ».

Питання 8. Зазначте потужність множини $G = \{ 175, 180 \}$:

$$a = \frac{\sum_{x_i \in G} x_i}{|G|} = \frac{x_5 + x_6}{|G|} = \frac{175 + 180}{\square}$$

Правильна відповідь: $a = \frac{\sum_{x_i \in G} x_i}{|G|} = \frac{x_5 + x_6}{|G|} = \frac{175 + 180}{2}$. В цьому випадку

з'являється підтвердження «Дуже добре!» та програма переходить до питання 9.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Ні! Спробуйте, будь-ласка, знову! В множині G два елемента, отже, $|G| = 2$ ».

Питання 9. Обрахуйте значення a :

$$a = \frac{\sum_{x_i \in G} x_i}{|G|} = \frac{x_5 + x_6}{|G|} = \frac{175 + 180}{2} = \square$$

Правильна відповідь: $a = \frac{\sum_{x_i \in G} x_i}{|G|} = \frac{x_5 + x_6}{|G|} = \frac{175 + 180}{2} = 177,5$. В цьому

випадку з'являється підтвердження «Відмінно!».

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Погано! $(175 + 180) / 2 = 177,5$ ».

На екрані з'являється повідомлення «Отже, дефазифіковане значення a заданої нечіткої множини за методом центра максимумів – це 177,5».

На екрані – «Кінець прикладу 2!».

3.1.3. Приклад 3: дефазифікація за методом найбільшого та найменшого з максимумів

Умова. Провести дефазифікацію нечіткої множини $\tilde{A} = \{ (155|0), (160|0,1), (165|0,3), (170|0,8), (175|1), (180|1), (185|0,5), (190|0) \}$ за методом найбільшого з максимумів.

Питання 1-3. Ті ж самі, що у прикладі 1.

Питання 4. Дефазифікацією називається процедура перетворення нечіткої множини в чітке число.

Дефазифікація нечіткої множини $\tilde{A} = (x_1 | \mu_{\tilde{A}}(x_1)), \dots, (x_k | \mu_{\tilde{A}}(x_k))$ за методом найбільшого з максимумів виконується за формулою:

$$a = \max (G),$$

де G – множина всіх елементів носія, що мають максимальне значення функції належності.

Вкажіть максимальне значення функції належності: .

Правильна відповідь: 1. В цьому випадку з'являється підтвердження «Ви праві!» та програма переходить до питання 5.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Ви не праві! Максимальний елемент в множині значень функцій належності $\{ 0; 0,1; 0,3; 0,5; 0,8; 1 \}$ – це 1.».

Питання 5. Те ж саме, що у прикладі 2.

Питання 6. Вкажіть найбільший елемент в множині $G = \{ 175; 180 \}$:

$$a = \max (G) = \max (175; 180) = \square$$

Правильна відповідь: $a = \max (G) = \max (175; 180) = 180$. В цьому випадку з'являється підтвердження «Чудова робота!».

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Ні! Продовжуйте ваші спроби! Максимальне серед чисел 175 і 180 – це 180.».

На екрані з'являється повідомлення «Отже, дефазифіковане значення a заданої нечіткої множини за методом найбільшого з максимумів – це 180.».

Програма переходить до питання 7.

Умова. Провести дефазифікацію нечіткої множини $\tilde{A} = \{ (155|0), (160|0,1), (165|0,3), (170|0,8), (175|1), (180|1), (185|0,5), (190|0) \}$ за методом найменшого з максимумів.

Питання 7. Дефазифікацією називається процедура перетворення нечіткої множини в чітке число.

Дефазифікація нечіткої множини $\tilde{A} = (x_1 | \mu_{\tilde{A}}(x_1)), \dots, (x_k | \mu_{\tilde{A}}(x_k))$ за методом найменшого з максимумів виконується за формулою:

$$a = \min (G),$$

де G – множина всіх елементів носія, що мають максимальне значення функції належності.

Вкажіть найменший елемент в множині $G = \{ 175; 180 \}$:

$$a = \min (G) = \min (175; 180) = \square$$

Правильна відповідь: $a = \min (G) = \min (175; 180) = 175$. В цьому випадку з'являється підтвердження «Відмінна робота!».

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Не вірно! Спробуйте ще раз! Мінімальне серед чисел 175 і 180 – це 175.».

На екрані з'являється повідомлення «Отже, дефазифіковане значення a заданої нечіткої множини за методом найменшого з максимумів – це 175.».

На екрані – «Кінець прикладу 3!».

3.1.4. Приклад 4: дефазифікація за методом медіани

Умова. Провести дефазифікацію нечіткої множини

$\tilde{A} = \{ (155|0), (160|0,1), (165|0,3), (170|0,8), (175|1), (180|1), (185|0,5), (190|0) \}$ за методом медіани.

Питання 1-3. Ті ж самі, що у прикладі 1.

Питання 4. Дефазифікацією називається процедура перетворення нечіткої множини в чітке число.

Дефазифікація нечіткої множини $\tilde{A} = (x_1 | \mu_{\tilde{A}}(x_1)), \dots, (x_k | \mu_{\tilde{A}}(x_k))$ за методом медіани виконується за формулою:

$$a = \min_{\forall j \sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i) \geq \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \mu_{\tilde{A}}(x_i)} (x_j)$$

де k – кількість пар; x_i – елементи множини носія, $i = 1, \dots, k$;

$\mu_{\tilde{A}}(x_i)$ – елементи множини функцій належності, $i = 1, \dots, k$;

Маємо:

$$\sum_{i=1}^k \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \sum_{i=1}^8 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + \mu_{\tilde{A}}(x_8).$$

Розставте елементи множини функцій належності нечіткої множини \tilde{A} :

$$\begin{aligned} & \mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \\ & + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8) = \\ & = \square + \square + \square + \square + \square + \square + \square + \square \end{aligned}$$

Правильна відповідь: $0 + 0,1 + 0,3 + 0,8 + 1 + 1 + 0,5 + 0$. В цьому випадку з'являється підтвердження «Розумник!» та програма переходить до питання 5.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Є неточності! В клітинках слід проставити значення функцій належності з кожної пари по черзі. Тобто в першу клітинку – число 0; в другу – 0,1; в третю – 0,3; в четверту – 0,8; в п'яту – 1; в шосту – 1; в сьому – 0,5; у восьму – 0.».

Питання 5. Обрахуйте суму:

$$\sum_{i=1}^8 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = 0 + 0,1 + 0,3 + 0,8 + 1 + 1 + 0,5 + 0 = \square$$

Правильна відповідь: $\sum_{i=1}^8 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = 0 + 0,1 + 0,3 + 0,8 + 1 + 1 + 0,5 + 0 = 3,7$. В

цьому випадку з'являється підтвердження «Гарна спроба!» та програма переходить до питання 6.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Невдала спроба! $0 + 0,1 + 0,3 + 0,8 + 1 + 1 + 0,5 + 0 = 3,7$ ».

Питання 6. Знайдіть половину суми:

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^8 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \frac{1}{2} \cdot 3,7 = \square$$

Правильна відповідь: $\frac{1}{2} \cdot 3,7 = 1,85$ В цьому випадку з'являється підтвердження «Чудово!» та програма переходить до питання 7.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Не опускайте руки! $0,5 \cdot 3,7 = 1,85$ ».

Питання 7. Отже,

$$a = \min_{\forall j \sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i) \geq \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \mu_{\tilde{A}}(x_i)} (x_j) = \min_{\forall j \sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i) \geq 1,85} (x_j)$$

Шукаємо $\sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i)$, змінюючи j від 1 до $k = 8$.

Нехай $j = 1$:

$$\sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \sum_{i=1}^1 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \mu_{\tilde{A}}(x_1) = \square$$

Правильна відповідь: 0. В цьому випадку з'являється підтвердження «Вірно!».

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Помилка! Значення функції належності в першій парі – це 0.».

Нехай $j = 2$:

$$\sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \sum_{i=1}^2 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) = \square$$

Правильна відповідь: 0,1. В цьому випадку з'являється підтвердження «Правильно!».

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Ні! Сума значень функцій належності перших двох пар – це $0 + 0,1 = 0,1$.».

Нехай $j = 3$:

$$\sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \sum_{i=1}^3 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) = \square$$

Правильна відповідь: 0,4. В цьому випадку з'являється підтвердження «Так!».

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Похибка! Сума значень функцій належності перших трьох пар – це $0 + 0,1 + 0,3 = 0,4$.».

Нехай $j = 4$:

$$\sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \sum_{i=1}^4 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) = \square$$

Правильна відповідь: 1,2. В цьому випадку з'являється підтвердження «Ок!».

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Похибка! Сума значень функцій належності перших чотирьох пар – це $0 + 0,1 + 0,3 + 0,8 = 1,2$ ».

Нехай $j = 5$:

$$\sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \sum_{i=1}^5 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) = \square$$

Правильна відповідь: 2,2. В цьому випадку з'являється підтвердження «Правильно!».

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Не вірно! Сума значень функцій належності перших п'яти пар – це $0 + 0,1 + 0,3 + 0,8 + 1 = 2,2$ ».

Нехай $j = 6$:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i) &= \sum_{i=1}^6 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \\ &+ \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) = \square \end{aligned}$$

Правильна відповідь: 3,2. В цьому випадку з'являється підтвердження «Відмінно!».

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Ні! Сума значень функцій належності перших шести пар – це $0 + 0,1 + 0,3 + 0,8 + 1 + 1 = 3,2$ ».

Нехай $j = 7$:

$$\sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \sum_{i=1}^7 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) +$$

$$+ \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) = \square$$

Правильна відповідь: 3,7. В цьому випадку з'являється підтвердження «Правильно!».

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Помилка! Сума значень функцій належності перших семи пар – це $0 + 0,1 + 0,3 + 0,8 + 1 + 1 + 0,5 = 3,7$ ».

Нехай $j = 8$:

$$\sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \sum_{i=1}^8 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = \mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) +$$

$$+ \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8) = \square$$

Правильна відповідь: 3,7. В цьому випадку з'являється підтвердження «Вірно!» та програма переходить до питання 8.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Невірно! Сума значень функцій належності всіх пар – це $0 + 0,1 + 0,3 + 0,8 + 1 + 1 + 0,5 + 0 = 3,7$ ».

Питання 8. Маємо:

$$a = \min_{\forall j \sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i) \geq 1,85} (x_j)$$

Порівняйте $\sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i)$, $j = 1, 2, \dots, 8$ та 1,85, ввівши знак $<$, $=$ або $>$:

$$\sum_{i=1}^1 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = 0 \quad \square \quad 1,85$$

$$\sum_{i=1}^2 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = 0,1 \quad \square \quad 1,85$$

$$\sum_{i=1}^3 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = 0,4 \quad \square \quad 1,85$$

$$\sum_{i=1}^4 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = 1,2 \quad \square \quad 1,85$$

$$\sum_{i=1}^5 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = 2,2 \quad \square \quad 1,85$$

$$\sum_{i=1}^6 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = 3,2 \quad \square \quad 1,85$$

$$\sum_{i=1}^7 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = 3,7 \quad \square \quad 1,85$$

$$\sum_{i=1}^8 \mu_{\tilde{A}}(x_i) = 3,7 \quad \square \quad 1,85$$

Правильна відповідь: $0 < 1,85$; $0,1 < 1,85$; $0,4 < 1,85$; $1,2 < 1,85$; $2,2 > 1,85$; $3,2 > 1,85$; $3,7 > 1,85$; $3,7 > 1,85$. В цьому випадку з'являється підтвердження «Вірно виконано!» та програма переходить до питання 9.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Увага! Є помилки! Правильна відповідь – « $0 < 1,85$; $0,1 < 1,85$; $0,4 < 1,85$; $1,2 < 1,85$; $2,2 > 1,85$; $3,2 > 1,85$; $3,7 > 1,85$; $3,7 > 1,85$ ».

Питання 9. Отже, для $j = 5, 6, 7, 8$ виконується $\sum_{i=1}^j (x_j) \geq 1,85$.

Розставте елементи носія:

$$a = \min_{\forall j \sum_{i=1}^j \mu_{\tilde{A}}(x_i) \geq 1,85} (x_j) = \min(x_5, x_6, x_7, x_8) =$$

$$= \min(\square, \square, \square, \square)$$

Правильна відповідь: $\min(175, 180, 185, 190)$. В цьому випадку з'являється підтвердження «Ура!» та програма переходить до питання 10.

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Не вгадали! Слід взяти елементи носія з п'ятої, шостої, сьомої та восьмою пари. Тобто числа 175, 180, 185, 190.»

Питання 10. Вкажіть мінімальний елемент:

$$a = \min(175, 180, 185, 190) = \square$$

Правильна відповідь: 175. В цьому випадку з'являється підтвердження «Вгадали!».

У випадку помилки на екрані з'являється пояснення «Мінімум інший! Найменше серед чисел 175, 180, 185 та 190 – це 175.».

На екрані з'являється повідомлення «Отже, дефазифіковане значення a заданої нечіткої множини за методом медіани – це 175.».

На екрані – «Кінець прикладу 4!».

3.2. Блок-схема алгоритму

На рис. 3.1-3.5 намальована блок-схема для створеного алгоритму (для прикладу 1) для питань 1-4 та 9.

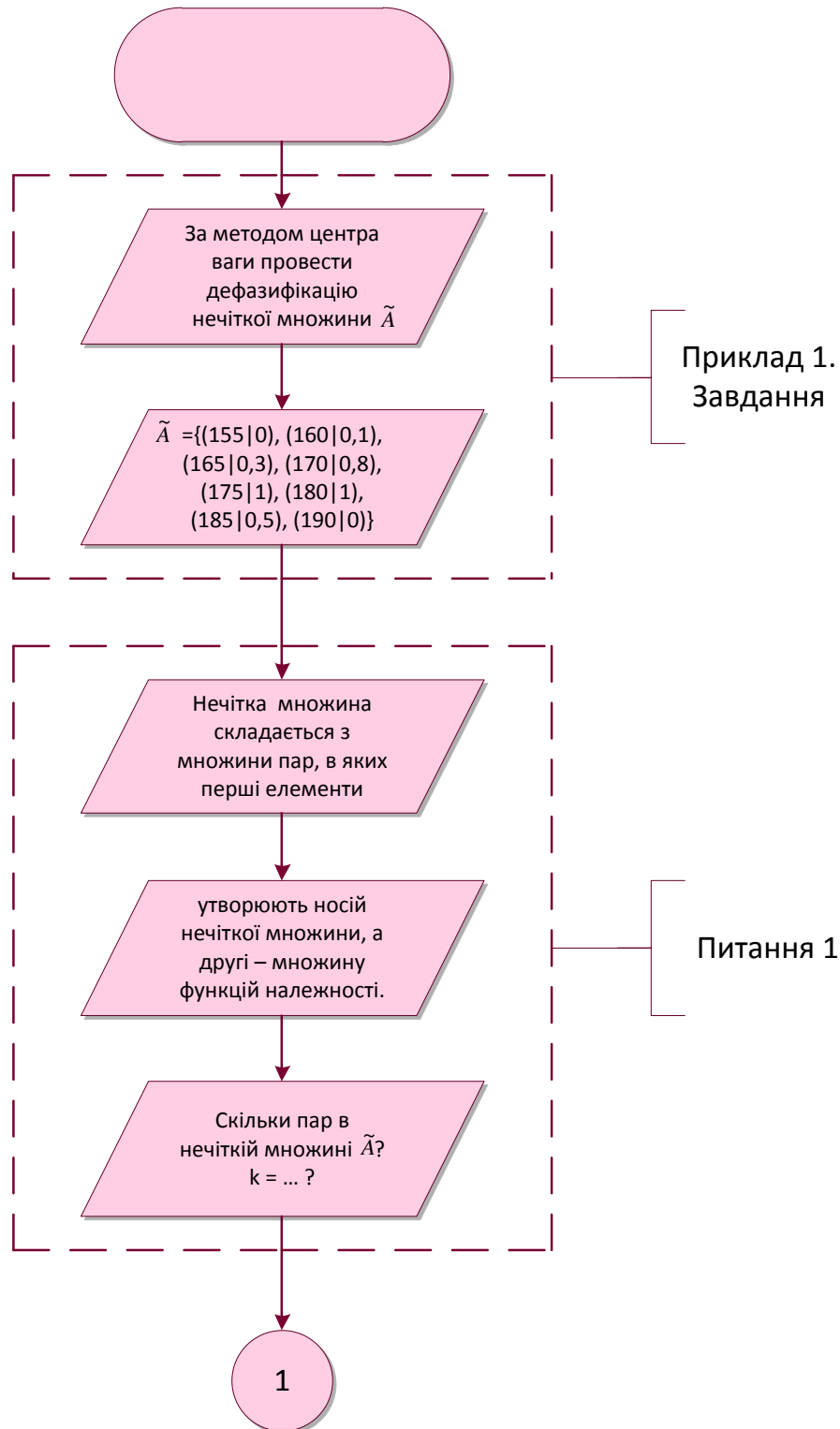


Рисунок 3.1 – Блок-схема першого кроку алгоритму для прикладу 1

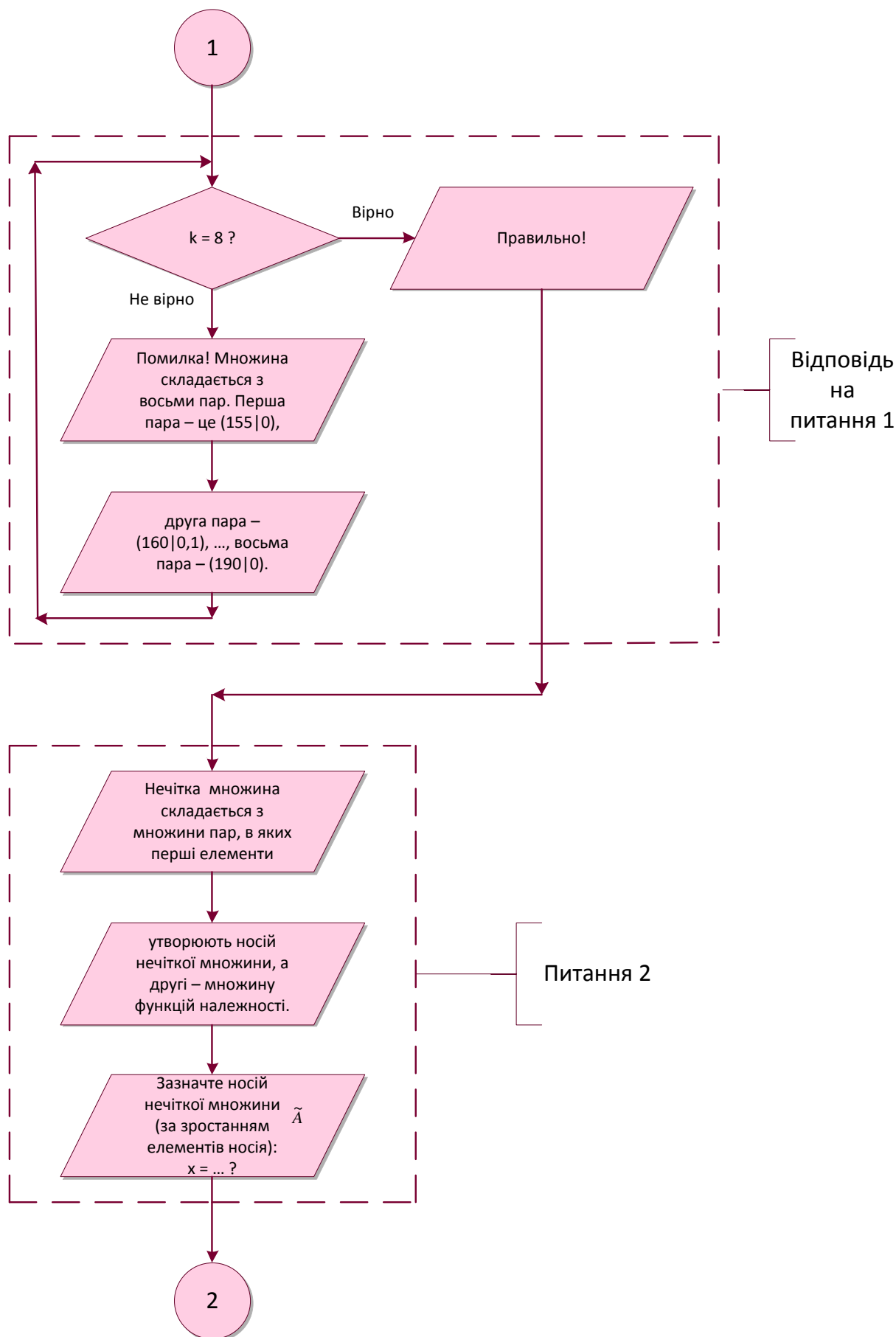


Рисунок 3.2 – Блок-схема першого та другого кроків

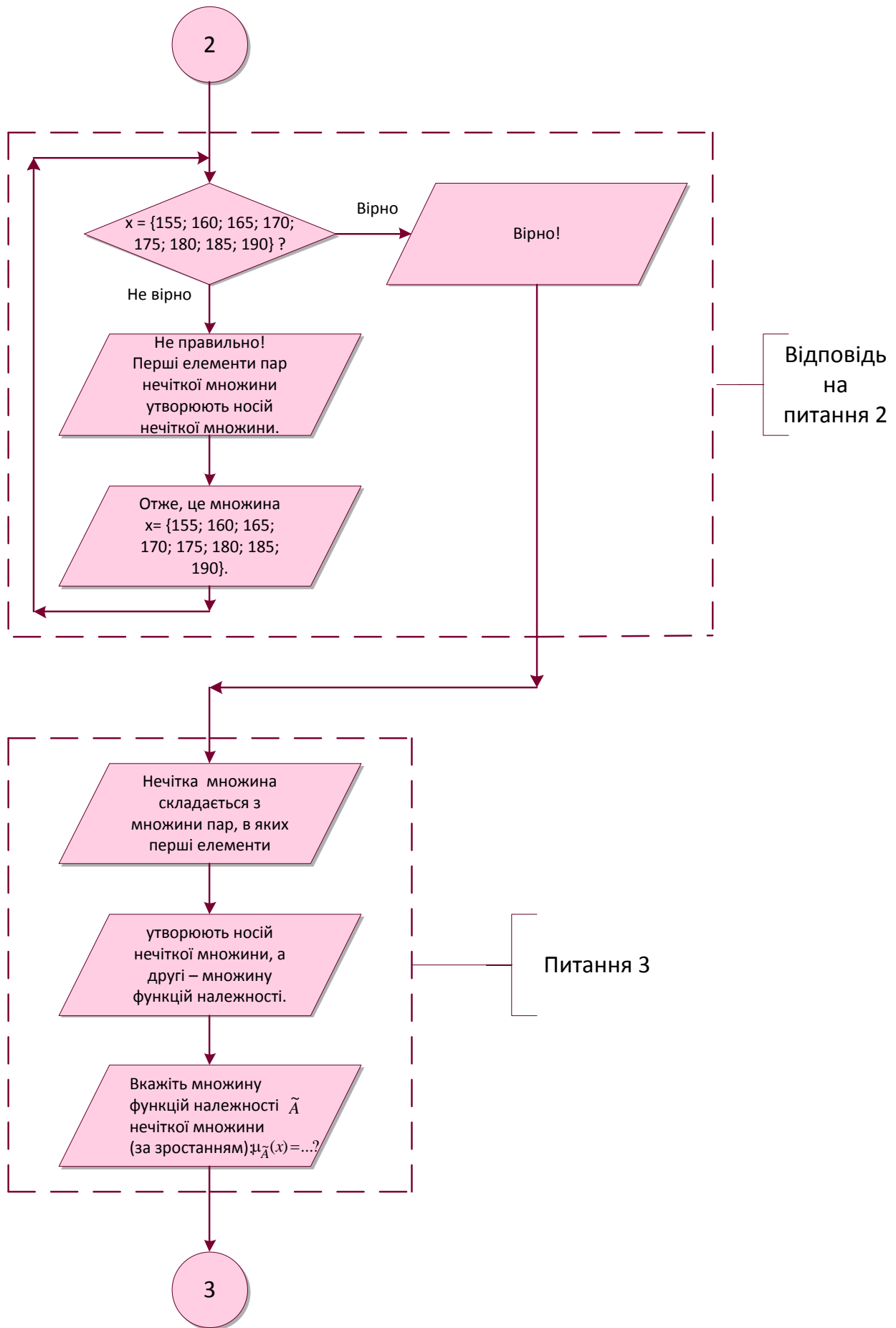


Рисунок 3.3 – Блок-схема другого та третього кроків

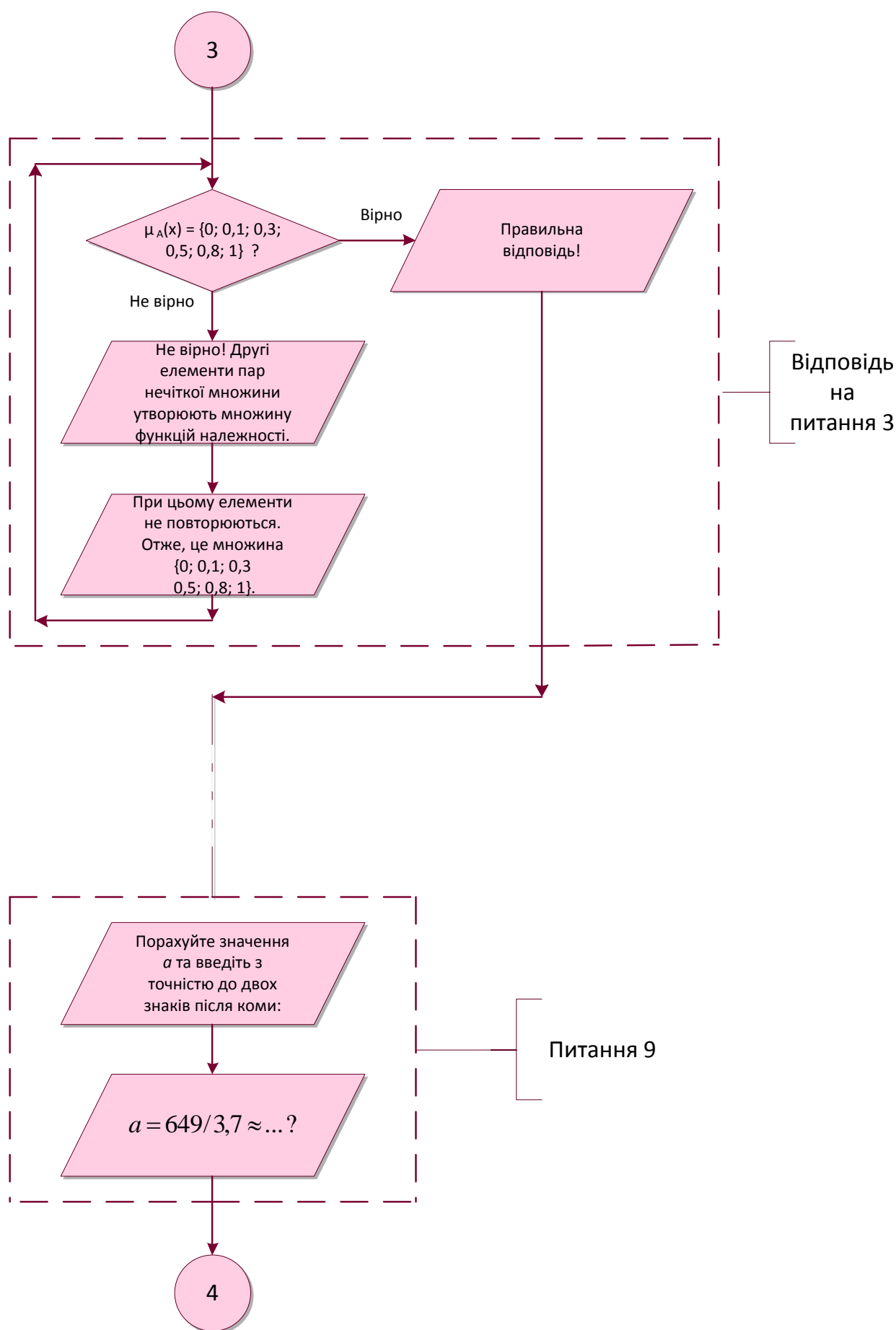


Рисунок 3.4 – Блок-схема третього та дев'ятого кроків

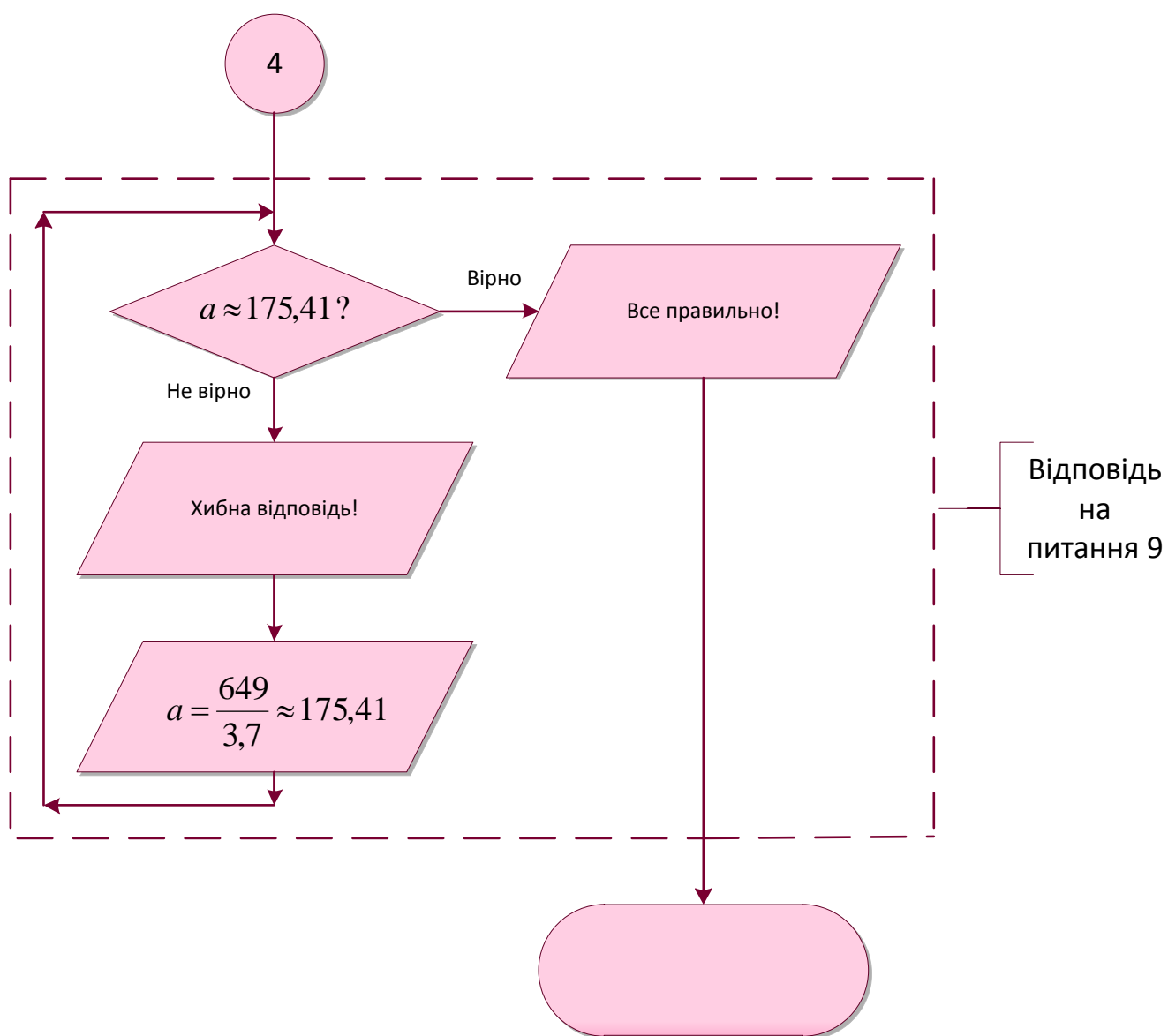


Рисунок 3.5 – Блок-схема дев'ятого кроку алгоритму для прикладу 1

4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

4.1. Інструкція по використанню програми

Як працює програма, показано на рис. 4.1-4.31. На питаннях 2-6 значення у текстові поля можна вводити з клавіатури, а можна перетягувати числа з сірої панелі, на якій зазначено задане нечітке число, використовуючи технологію «Drag and Drop».

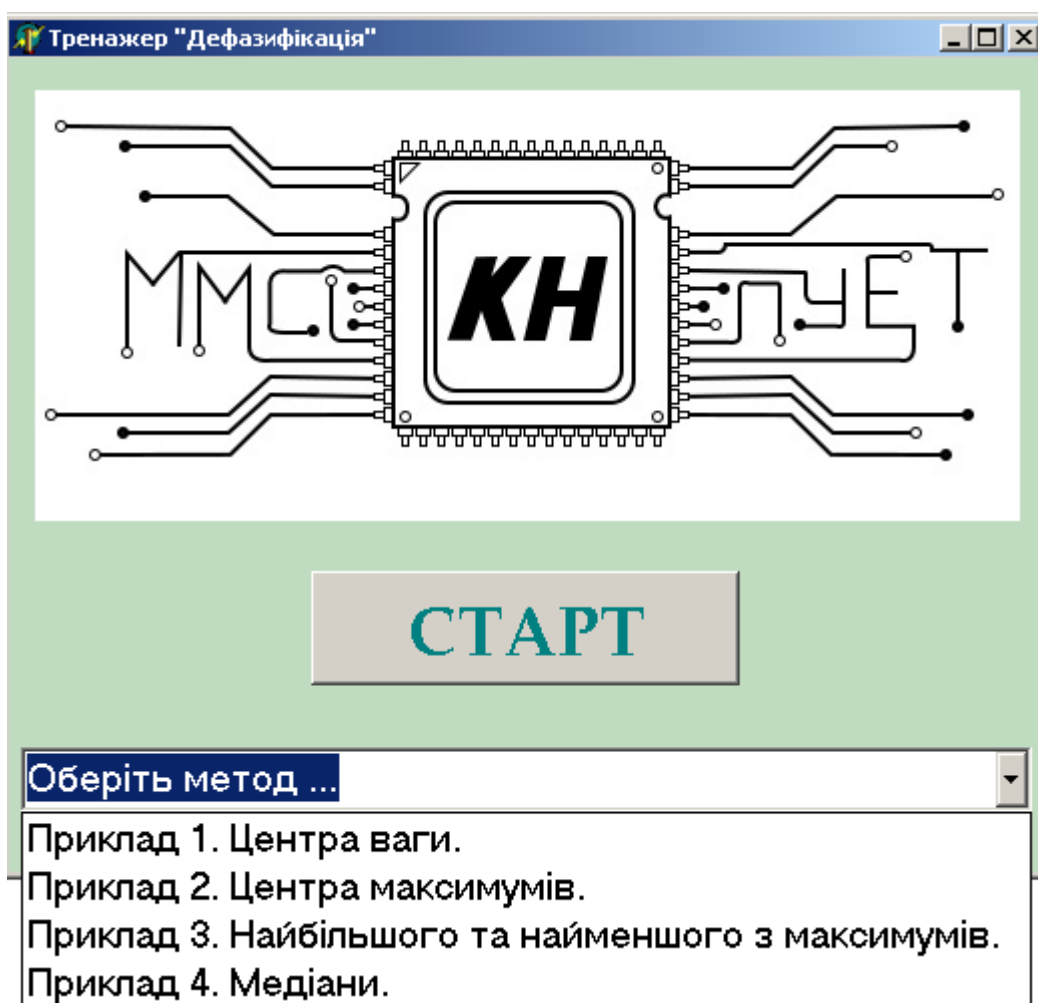


Рисунок 4.1 – Початок програми

Для перевірки введених значень та переходу до наступних кроків слід натискати кнопку з написом «?».

Дефазифікація методом центра ваги. Питання 1

Умова:

За методом центра ваги провести дефазифікацію нечіткої множини

$$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$$

Питання 1:

Нечітка множина складається з множини пар, в яких перші елементи утворюють носій нечіткої множини, а другі - множину функцій належності.

Скільки пар в нечіткій множині \tilde{A} ? k =

Рисунок 4.2 – Питання 1

Тренажер "Дефазифікація"

Помилка!
Множина складається з восьми пар.
Перша пара - це (155 | 0), друга пара - (160 | 0,1), ..., восьма пара - (190 | 0).

Рисунок 4.3 – Обробка неправильної відповіді питання 1

Дефазифікація методом центра ваги. Питання 1

Умова:

За методом центра ваги провести дефазифікацію нечіткої множини

$$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$$

Питання 1:

Нечітка множина складається з множини пар, в яких перші елементи утворюють носій нечіткої множини, а другі - множину функцій належності.

Скільки пар в нечіткій множині \tilde{A} ? k =

Рисунок 4.4 – Правильна відповідь питання 1

Дефазифікація методом центра ваги. Питання 2

Умова:

За методом центра ваги провести дефазифікацію нечіткої множини

$$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$$

Питання 2:

Нечітка множина складається з множини пар, в яких перші елементи утворюють носій нечіткої множини, а другі - множину функцій належності.

Зазначте носій нечіткої множини \tilde{A} в порядку зростання елементів носія (числа можна ввести або перетягнути з сірої панелі):

x = { , , , , , , , }

$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$

Рисунок 4.5 – Питання 2

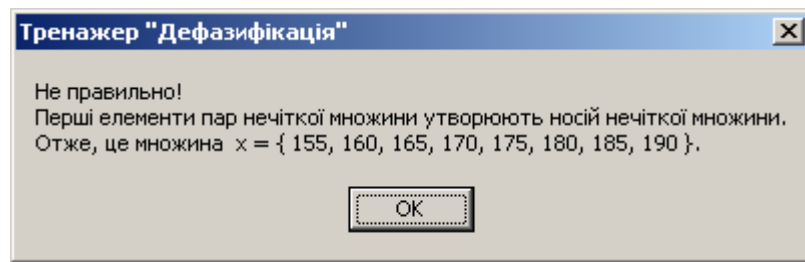


Рисунок 4.6 – Обробка неправильної відповіді питання 2

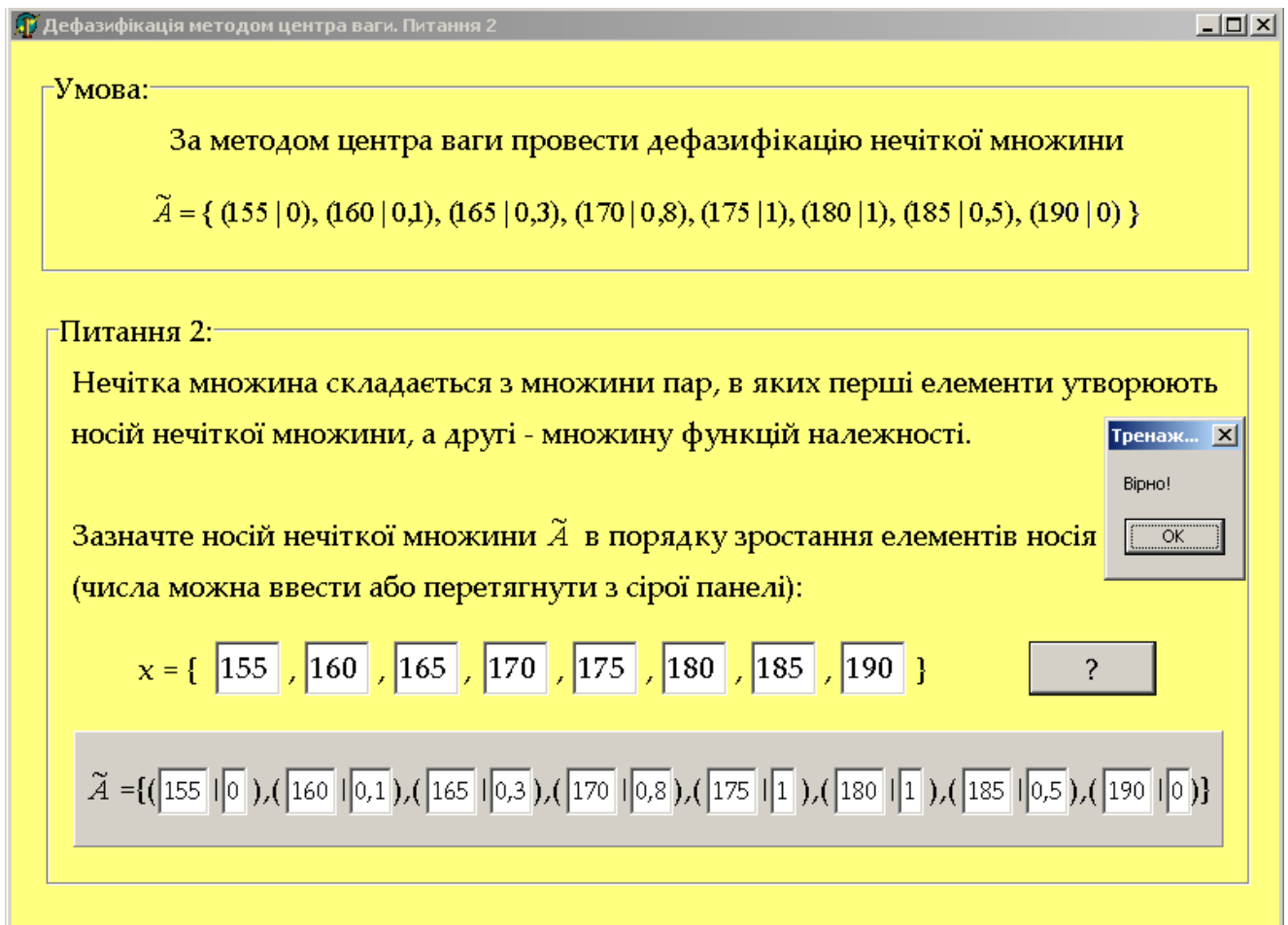


Рисунок 4.7 – Правильна відповідь питання 2

Дефазифікація методом центра ваги. Питання 3

Умова:

За методом центра ваги провести дефазифікацію нечіткої множини

$$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$$

Питання 3:

Нечітка множина складається з множини пар, в яких перші елементи утворюють носій нечіткої множини, а другі - множину функцій належності.

Вкажіть множину функцій належності нечіткої множини \tilde{A} (в порядку зростання) (числа можна ввести або перетягнути з сірої панелі):

$\mu_{\tilde{A}}(x) = \{ \text{ } , \text{ } , \text{ } , \text{ } , \text{ } , \text{ } \}$?

$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$

Рисунок 4.8 – Питання 3

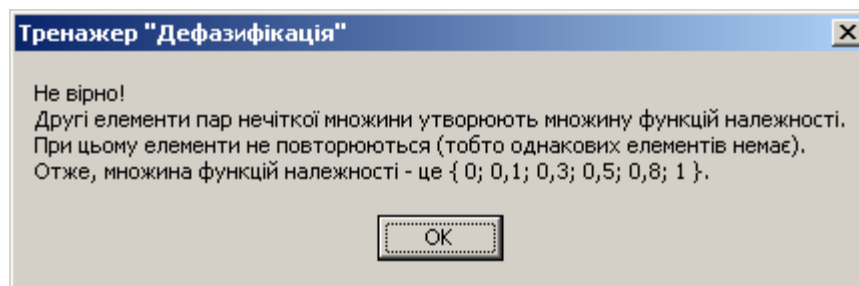


Рисунок 4.9 – Обробка неправильної відповіді питання 3

Дефазифікація методом центра ваги. Питання 3

Умова:

За методом центра ваги провести дефазифікацію нечіткої множини

$$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$$

Питання 3:

Нечітка множина складається з множини пар, в яких перші елементи утворюють носій нечіткої множини, а другі - множину функцій належності.

Вкажіть множину функцій належності нечіткої множини \tilde{A} (в порядку зростання)

Тренажер "Дефа... x] та ввести або перетягнути з сірої панелі):

Правильна відповідь!

OK

$\mu_{\tilde{A}}(x) = \{ \text{0} , \text{0,1} , \text{0,3} , \text{0,5} , \text{0,8} , \text{1} \}$?

$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$

Рисунок 4.10 – Правильна відповідь питання 3

Дефазифікація методом центра ваги. Питання 4

Умова:

За методом центра ваги провести дефазифікацію нечіткої множини

$$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$$

Питання 4:

Дефазифікацією називається процедура перетворення нечіткої множини в чітке число.

Дефазифікація нечіткої множини $\tilde{A} = (x_1 | \mu_{\tilde{A}}(x_1)), \dots, (x_k | \mu_{\tilde{A}}(x_k))$ за методом центра ваги виконується за формулою:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^k x_i \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_i)}{\sum_{i=1}^k \mu_{\tilde{A}}(x_i)} = \frac{x_1 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_1) + x_2 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + x_k \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_k)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + \mu_{\tilde{A}}(x_k)}$$

де k - кількість пар; x_i - елементи множини носія, $i = 1, \dots, k$;
 $\mu_{\tilde{A}}(x_i)$ - елементи множини функцій належності, $i = 1, \dots, k$.

=>

Рисунок 4.11 – Питання 4

Дефазифікація методом центра ваги. Питання 4 (продовження)

Умова:

За методом центра ваги провести дефазифікацію нечіткої множини

$$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$$

Питання 4 (продовження):

Тобто

$$a = \frac{\sum_{i=1}^k x_i \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_i)}{\sum_{i=1}^k \mu_{\tilde{A}}(x_i)} = \frac{\sum_{i=1}^8 x_i \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_i)}{\sum_{i=1}^8 \mu_{\tilde{A}}(x_i)} = \frac{x_1 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_1) + x_2 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + x_8 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_8)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + \mu_{\tilde{A}}(x_8)}$$

Розставте елементи носія нечіткої множини \tilde{A} (числа ввести або перетягнути):

$$a = \frac{x_1 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_1) + x_2 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + x_8 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_8)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + \mu_{\tilde{A}}(x_8)} =$$

$$\frac{\square \mu_{\tilde{A}}(x_1) + \square \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \square \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \square \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \square \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \square \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \square \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \square \mu_{\tilde{A}}(x_8)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8)}$$

$\tilde{A} = \{ (\square | \square), (\square | \square), (\square | \square), (\square | \square), (\square | \square), (\square | \square), (\square | \square), (\square | \square) \}$

Рисунок 4.12 – Продовження питання 4

Тренажер "Дефазифікація"

Є помилка!
В клітинках слід проставити елементи носія з кожної пари по черзі.
Тобто в першу клітинку - число 155, в другу - 160, в третю - 165,
в четверту - 170, в п'яту - 175, в шосту - 180, в сьому - 185, у восьму - 190.

OK

Рисунок 4.13 – Обробка неправильної відповіді питання 4

Дефазифікація методом центра ваги. Питання 4 (продовження)

Умова:
За методом центра ваги провести дефазифікацію нечіткої множини

$$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$$

Питання 4 (продовження):

Тобто

$$a = \frac{\sum_{i=1}^k x_i \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_i)}{\sum_{i=1}^k \mu_{\tilde{A}}(x_i)} = \frac{\sum_{i=1}^8 x_i \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_i)}{\sum_{i=1}^8 \mu_{\tilde{A}}(x_i)} = \frac{x_1 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_1) + x_2 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + x_8 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_8)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + \mu_{\tilde{A}}(x_8)}$$

Розставте елементи носія нечіткої множини \tilde{A} (числа ввести або перетягнути):

$$a = \frac{x_1 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_1) + x_2 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + x_8 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_8)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \dots + \mu_{\tilde{A}}(x_8)} =$$

$$= \frac{155 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_1) + 160 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_2) + 165 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_3) + 170 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_4) + 175 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_5) + 180 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_6) + 185 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_7) + 190 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_8)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8)}$$

$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$

Рисунок 4.14 – Правильна відповідь питання 4

Дефазифікація методом центра ваги. Питання 5

Умова:
За методом центра ваги провести дефазифікацію нечіткої множини

$$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$$

Питання 5:

Розставте в чисельнику елементи множини функцій належності нечіткої множини \tilde{A} (числа можна ввести або перетягнути з сірої панелі):

$$a = \frac{155 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_1) + 160 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_2) + 165 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_3) + 170 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_4) + 175 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_5) + 180 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_6) + 185 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_7) + 190 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_8)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8)} =$$

$$= \frac{155 \cdot \square + 160 \cdot \square + 165 \cdot \square + 170 \cdot \square + 175 \cdot \square + 180 \cdot \square + 185 \cdot \square + 190 \cdot \square}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8)}$$

$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$

Рисунок 4.15 – Питання 5

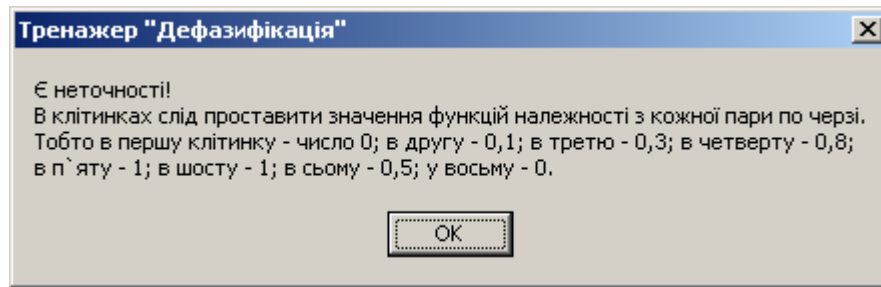


Рисунок 4.16 – Обробка неправильної відповіді питання 5

Умова:

За методом центра ваги провести дефазифікацію нечіткої множини

$$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$$

Питання 5:

Розставте в чисельнику елементи множини функцій належності нечіткої множини \tilde{A} (числа можна ввести або перетягнути з сірої панелі):

$$\alpha = \frac{155 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_1) + 160 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_2) + 165 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_3) + 170 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_4) + 175 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_5) + 180 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_6) + 185 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_7) + 190 \cdot \mu_{\tilde{A}}(x_8)}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8)}$$

$$= \frac{155 \cdot 0 + 160 \cdot 0,1 + 165 \cdot 0,3 + 170 \cdot 0,8 + 175 \cdot 1 + 180 \cdot 1 + 185 \cdot 0,5 + 190 \cdot 0}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8)}$$

$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$

Рисунок 4.17 – Правильна відповідь питання 5

Дефазифікація методом центра ваги. Питання 6

Умова:

За методом центра ваги провести дефазифікацію нечіткої множини

$$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$$

Питання 6:

Розставте в знаменнику елементи множини функцій належності нечіткої множини \tilde{A} (числа можна ввести або перетягнути з сірої панелі):

$$\alpha = \frac{155 \cdot 0 + 160 \cdot 0,1 + 165 \cdot 0,3 + 170 \cdot 0,8 + 175 \cdot 1 + 180 \cdot 1 + 185 \cdot 0,5 + 190 \cdot 0}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8)} =$$

$$= \frac{155 \cdot 0 + 160 \cdot 0,1 + 165 \cdot 0,3 + 170 \cdot 0,8 + 175 \cdot 1 + 180 \cdot 1 + 185 \cdot 0,5 + 190 \cdot 0}{\boxed{} + \boxed{} + \boxed{} + \boxed{} + \boxed{} + \boxed{} + \boxed{} + \boxed{}} \quad ?$$

$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$

Рисунок 4.18 – Питання 6

Тренажер "Дефазифікація"

Є похибки!
В клітинках слід проставити значення функцій належності з кожної пари по черзі.
Тобто в першу клітинку - число 0; в другу - 0,1; в третю - 0,3; в четверту - 0,8;
в п'яту - 1; в шосту - 1; в сьому - 0,5; у восьму - 0.

OK

Рисунок 4.19 – Обробка неправильної відповіді питання 6

Дефазифікація методом центра ваги. Питання 6

Умова:

За методом центра ваги провести дефазифікацію нечіткої множини

$$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$$

Питання 6:


Розставте в знаменнику елементи множини функцій належності нечіткої множини \tilde{A} (числа можна ввести або перетягнути з сірої панелі)

$$\alpha = \frac{155 \cdot 0 + 160 \cdot 0,1 + 165 \cdot 0,3 + 170 \cdot 0,8 + 175 \cdot 1 + 180 \cdot 1 + 185 \cdot 0,5 + 190 \cdot 0}{\mu_{\tilde{A}}(x_1) + \mu_{\tilde{A}}(x_2) + \mu_{\tilde{A}}(x_3) + \mu_{\tilde{A}}(x_4) + \mu_{\tilde{A}}(x_5) + \mu_{\tilde{A}}(x_6) + \mu_{\tilde{A}}(x_7) + \mu_{\tilde{A}}(x_8)} =$$

$$= \frac{155 \cdot 0 + 160 \cdot 0,1 + 165 \cdot 0,3 + 170 \cdot 0,8 + 175 \cdot 1 + 180 \cdot 1 + 185 \cdot 0,5 + 190 \cdot 0}{\boxed{0} + \boxed{0,1} + \boxed{0,3} + \boxed{0,8} + \boxed{1} + \boxed{1} + \boxed{0,5} + \boxed{0}}$$

$\tilde{A} = \{ (\boxed{155} | \boxed{0}), (\boxed{160} | \boxed{0,1}), (\boxed{165} | \boxed{0,3}), (\boxed{170} | \boxed{0,8}), (\boxed{175} | \boxed{1}), (\boxed{180} | \boxed{1}), (\boxed{185} | \boxed{0,5}), (\boxed{190} | \boxed{0}) \}$

Рисунок 4.20 – Правильна відповідь питання 6


Дефазифікація методом центра ваги. Питання 7

Умова:

За методом центра ваги провести дефазифікацію нечіткої множини

$$\tilde{A} = \{ (155 | 0), (160 | 0,1), (165 | 0,3), (170 | 0,8), (175 | 1), (180 | 1), (185 | 0,5), (190 | 0) \}$$

Питання 7:

Порахуйте значення чисельника:

$$a = \frac{155 \cdot 0 + 160 \cdot 0,1 + 165 \cdot 0,3 + 170 \cdot 0,8 + 175 \cdot 1 + 180 \cdot 1 + 185 \cdot 0,5 + 190 \cdot 0}{0 + 0,1 + 0,3 + 0,8 + 1 + 1 + 0,5 + 0} =$$

Рисунок 4.21 – Питання 7

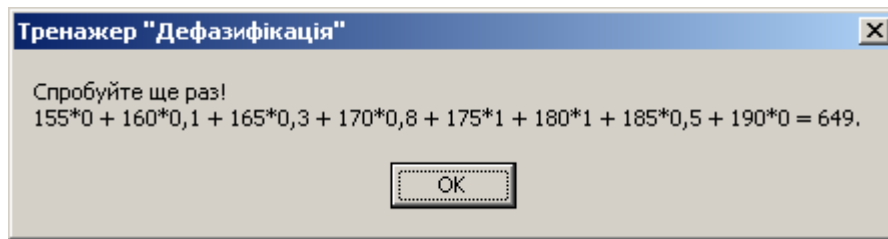


Рисунок 4.22 – Обробка неправильної відповіді питання 7

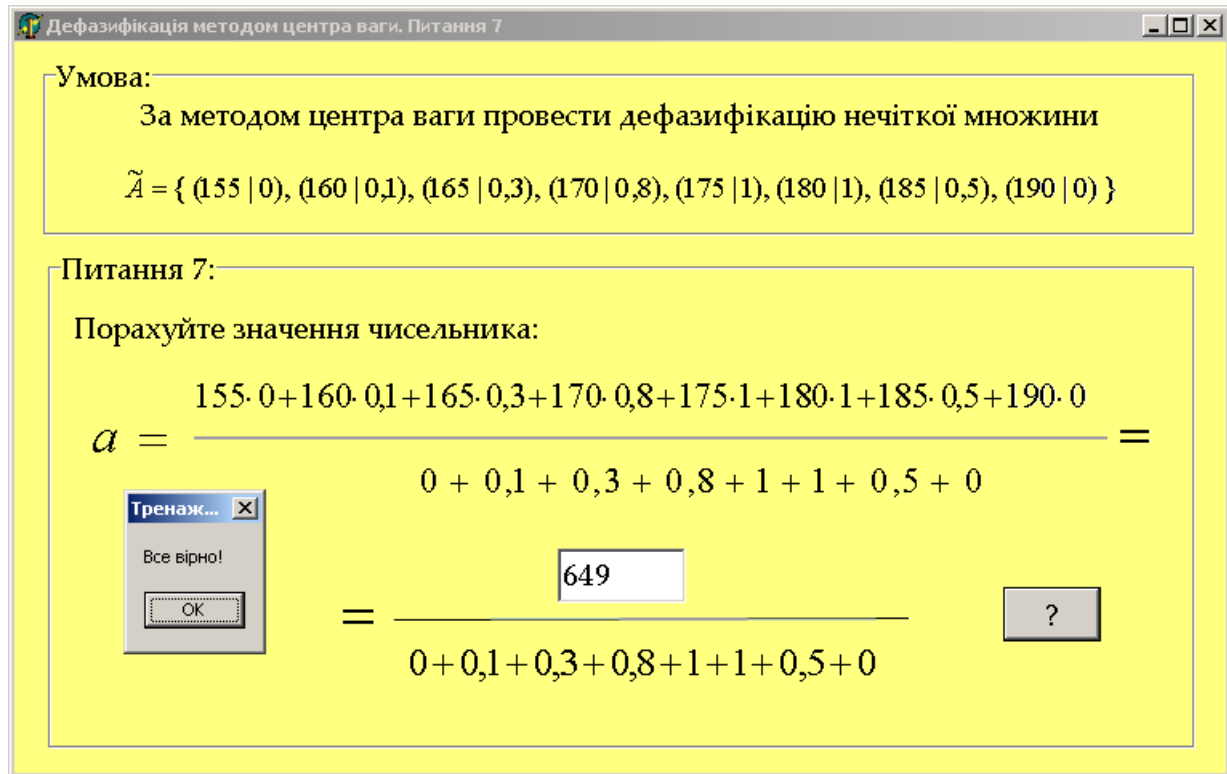


Рисунок 4.23 – Правильна відповідь питання 7

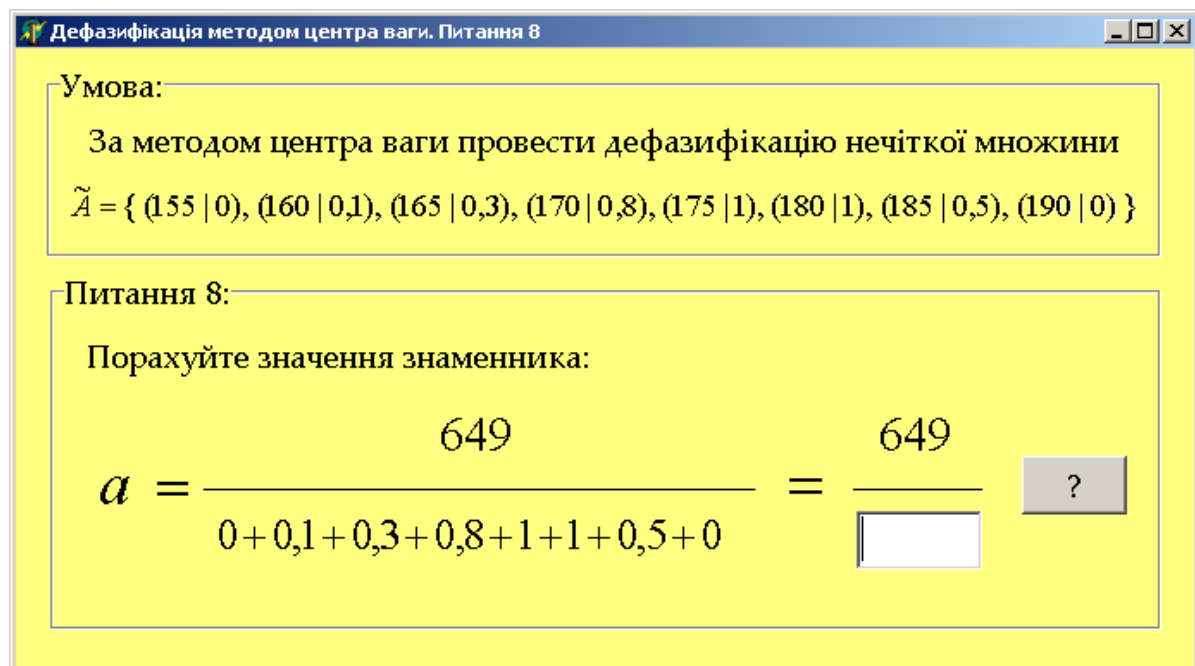


Рисунок 4.24 – Питання 8

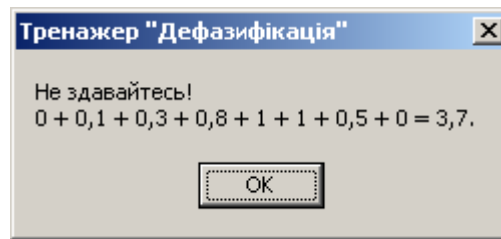


Рисунок 4.25 – Обробка неправильної відповіді питання 8

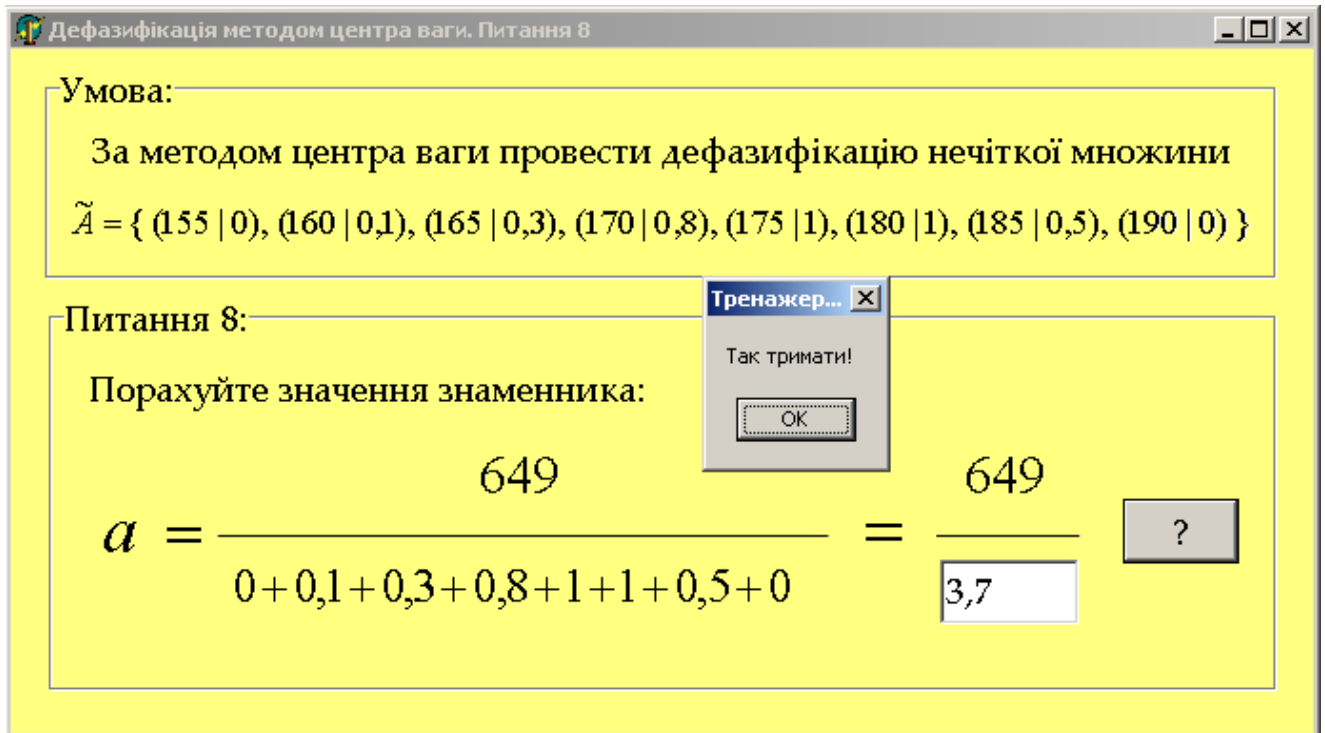


Рисунок 4.26 – Правильна відповідь питання 8

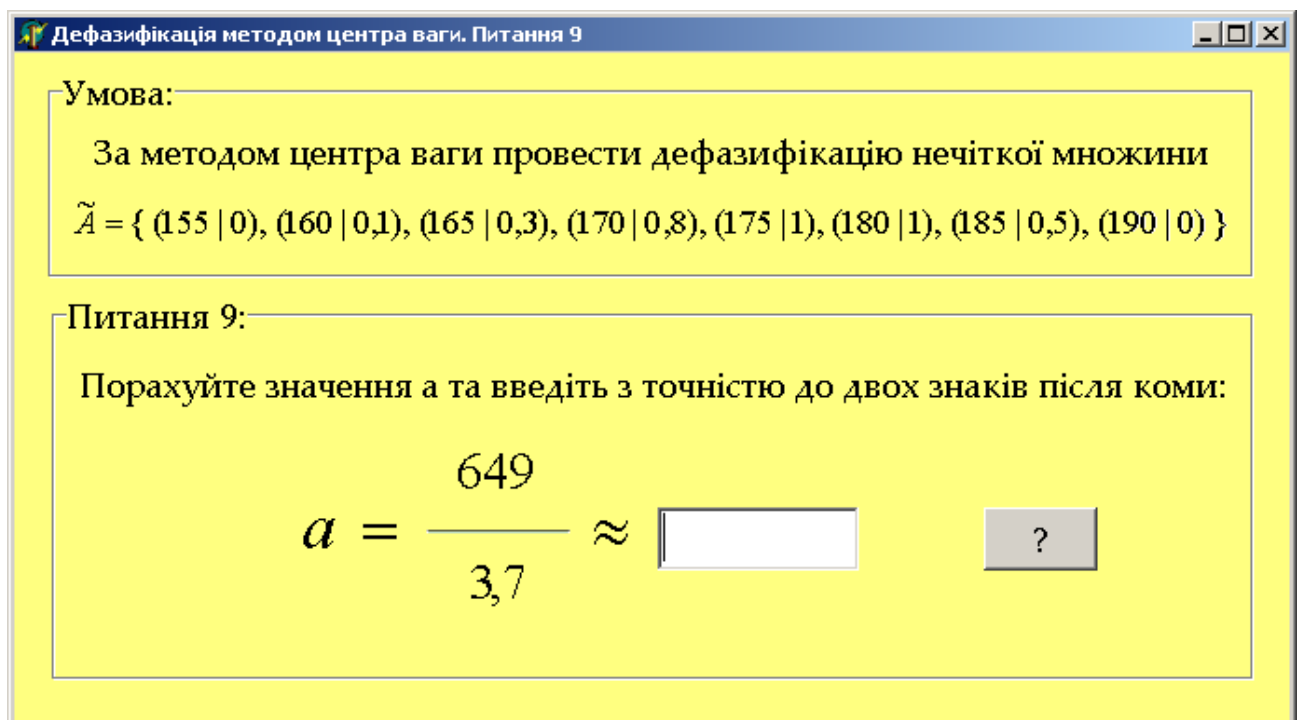


Рисунок 4.27 – Питання 9

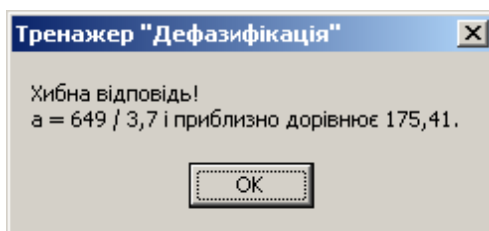


Рисунок 4.28 – Обробка неправильної відповіді питання 9

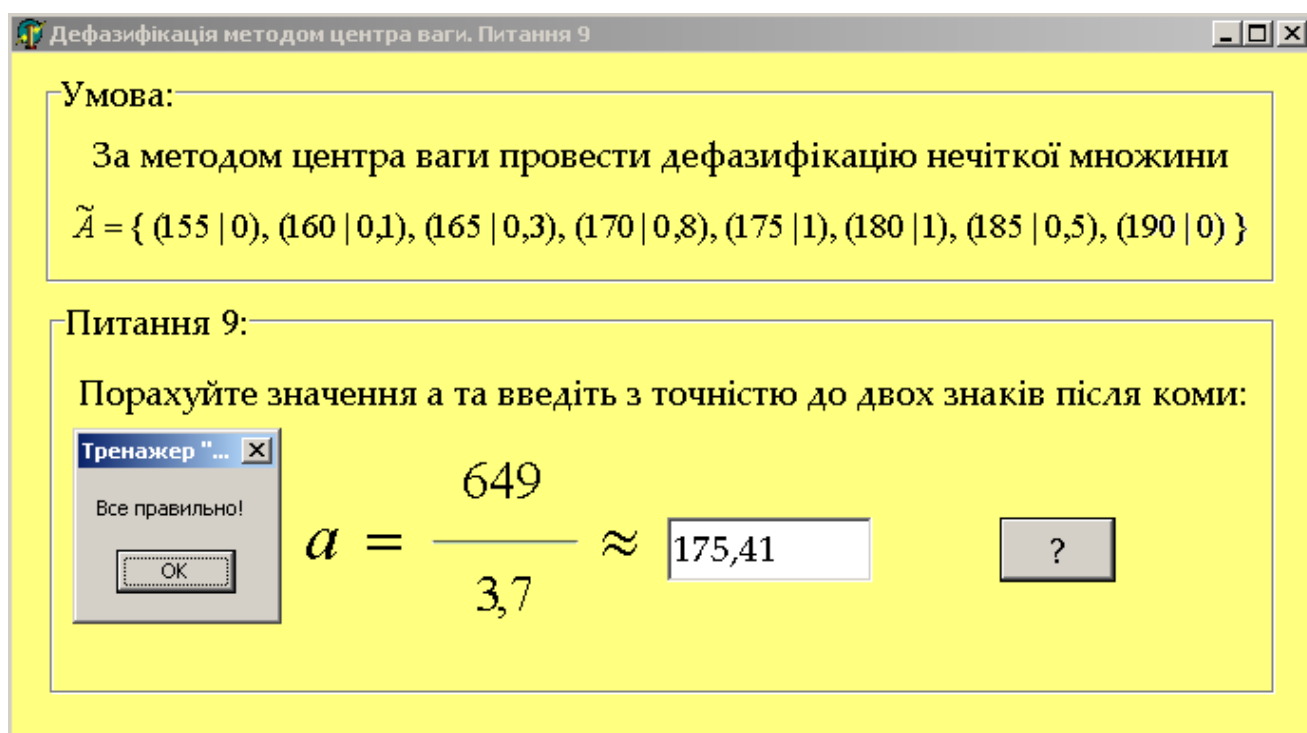


Рисунок 4.29 – Правильна відповідь питання 9

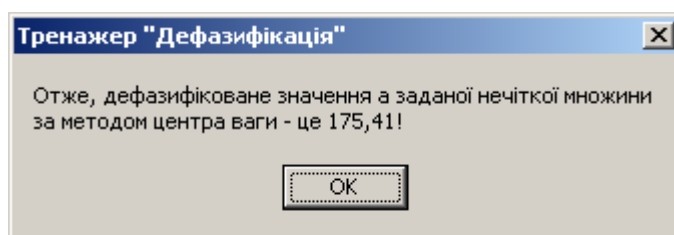


Рисунок 4.30 – Висновок

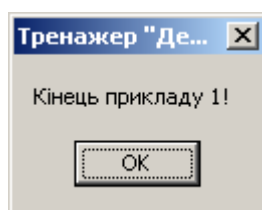


Рисунок 4.31 – Повідомлення про закінчення роботи з прикладом 1

4.2. Опис програми

Для створення програми було обрано середовище програмування Delphi з мовою програмування Object Pascal [18-19].

Розглянемо один з типових кроків тренажеру – другий (рис. 4.5, 4.7, 4.32).

На цьому кроці дозволяється вводити значення у текстові поля з клавіатури, або перетягувати значення з сірої панелі, використовуючи технологію «Drag and Drop» («тягни і кидай»).

Пояснимо програмну реалізацію технології «Drag and Drop» [20-21].

Перше за все з метою реалізації технології «Drag and Drop» нечітка множина \tilde{A} , задана умовою, була винесена окремо на панель (рис. 4.32).

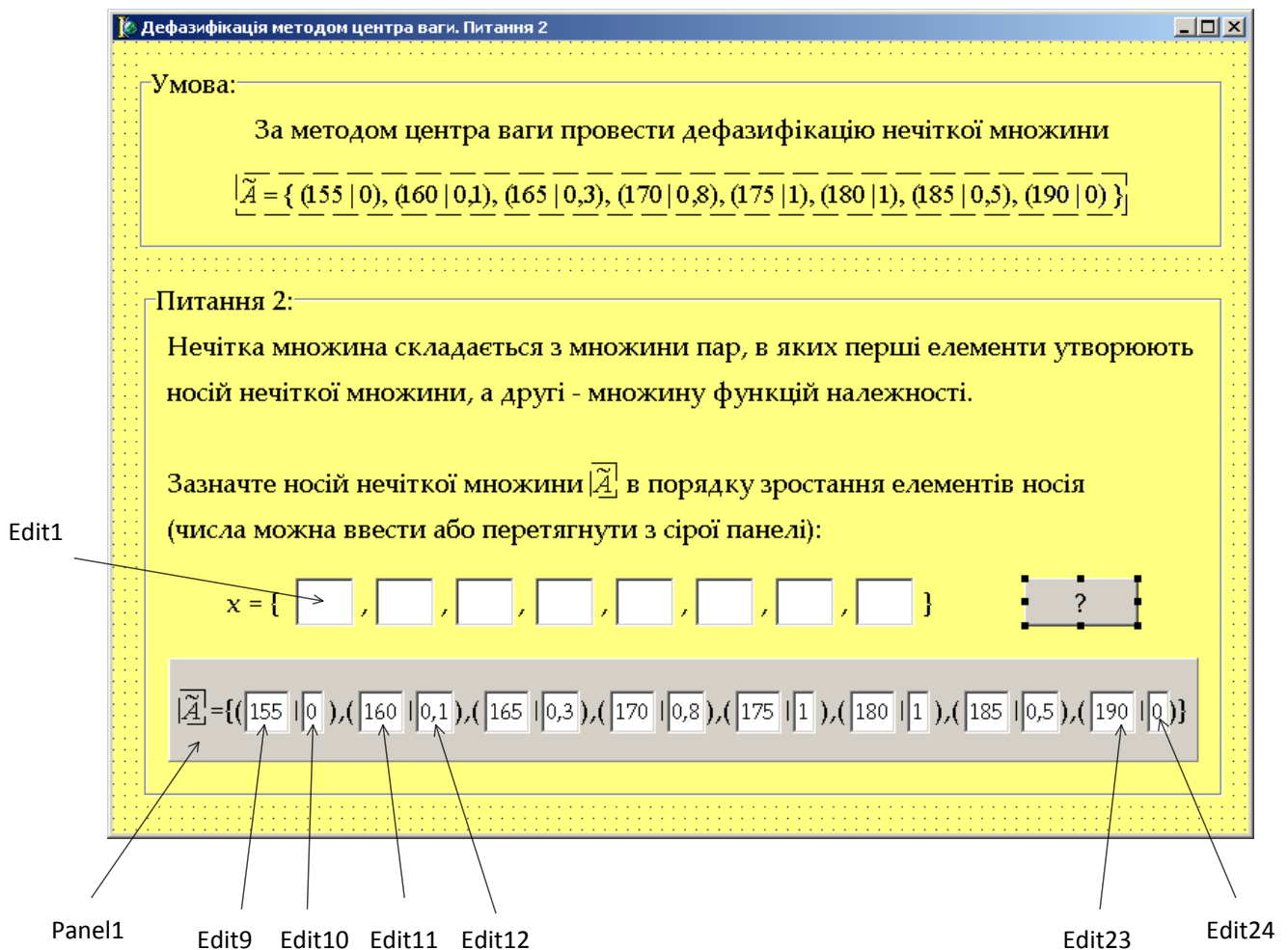


Рисунок 4.32 – Другий крок (на етапі створення дизайну форми)

Панель була вибрана, по-перше, через те, що вона групує елементи (а це зручно при копіюванні компонентів для наступних питань), по-друге, через те, що вона має багато властивостей для модифікації її зовнішнього вигляду (це зручно для візуального виокремлення панелі).

Кожне число в нечіткій множині \tilde{A} на панелі було вписано в компонент Edit.

При перетягуванні Delphi виділяє два об'єкти: джерело та приймач.

Для реалізації технології «Drag and Drop» для компонентів Edit на панелі, які виступають в ролі можливих джерел, властивість DragMode (режим перетягування) була змінена з режиму dmManual на режим dmAutomatic. Це означає, що перетягування вмісту компонента починається автоматично, відразу після натискання користувачем лівої кнопки миші над компонентом-джерелом.

Для компонентів Edit, що були винесені на форму для формування множини x та які виступають в ролі приймачів, був написаний код для подій DragDrop та DragOver.

Подія DragOver – подія для приймача, яка виникає при відтисканні лівої кнопки миші на компонентів-приймачі.

Подія DragDrop – визначає дії, які відбуваються при закінченні перетягування.

Код для події DragOver для всіх приймачів однаковий:

```
procedure TForm3.Edit1DragOver (Sender, Source: TObject; X, Y:
Integer; State: TDragState; var Accept: Boolean);
begin
  Accept := (Source is TEdit);
end;
```

Тобто джерелом (аргумент Source) можуть бути лише об'єкти класу TEdit. Якщо це виконується, то аргумент Accept стає рівним true. І в цьому випадку компонент (тут Edit1) стає приймачем.

Код для події DragDrop:

```

    procedure TForm3.Edit1DragDrop(Sender, Source: TObject; X, Y:
Integer);
    begin
        DragDrop1(Source, Edit1);
    end;

```

Цей код відрізняється для інших приймачів лише іменем компонента Edit, який є приймачем.

В цьому коді викликається процедура DragDrop1, який в якості аргументів передаються джерело (аргумент Source) та приймач (тут Edit1).

Код процедури DragDrop1 (фрагмент; для пар 3-7 нечіткої множини \tilde{A} все аналогічно):

```

procedure DragDrop1(Source: TObject; Ed:TEdit);
begin

    // 1 пара
    if (Source=Form3.Edit9) then
        Ed.Text:=Form3.Edit9.Text; // носій

    if (Source=Form3.Edit10) then
        Ed.Text:=Form3.Edit10.Text; // ф-ія належності

    // 2 пара
    if (Source=Form3.Edit11) then
        Ed.Text:=Form3.Edit11.Text; // носій

    if (Source=Form3.Edit12) then
        Ed.Text:=Form3.Edit12.Text; // ф-ія належності

    ...

    // 8 пара
    if (Source=Form3.Edit23) then
        Ed.Text:=Form3.Edit23.Text; // носій


    if (Source=Form3.Edit24) then


```



```
Ed.Text:=Form3.Edit24.Text; // ф-ія належності  
  
Ed.SetFocus; // ставимо курсор  
  
end;
```

В процедурі DragDrop1 перевіряється, який компонент став джерелом. З того компонента, що є джерелом, береться текст та копіюється до приймача. В компонент-приймач ставиться курсор.

У випадку, коли перетягування відбувається у компонент, що не призначений для цього, курсор приймає такий вигляд: .

Якщо перетягування в цей компонент можливе, то курсор стає такого вигляду: .

Зовнішній вигляд курсорів налаштовується автоматично при використанні технології «drag and drop».

Код програми (для питань 1-9 прикладу 1) подано у додатку Б.

ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської роботи було досліджено теми «Нечіткі множини з дискретним носієм», «Дефазифікація нечітких множин з дискретним носієм».

Було здійснено огляд інших тренажерів. В результаті огляду було прийняте рішення використати техніку «перетягування компонентів», оскільки, вона зручна та підходить для цієї теми. А також прийнято рішення використовувати кольори, щоб оживити інтерфейс програми.

Для теми «Дефазифікація нечітких множин з дискретним носієм» було створено тренажер, який досліджує теоретичні знання студентів та допомагає засвоїти дефазифікацію.

Спочатку було складено алгоритм тренажеру, потім для декількох кроків було створено блок-схему. За алгоритмом написано програму з використанням мови програмування Object Pascal та середовища Delphi.

Програма пропонує тренінг з п'яти методів дефазифікації:

- центру ваги (приклад 1 в програмі);
- центру максимумів (приклад 2);
- найбільшого та найменшого з максимумів (приклад 3);
- медіани (приклад 4).

Програма побудована таким чином, що починати тренінг можна з будь-якого прикладу. Приклади незалежні один від одного. В зв'язку з цим деякі питання повторюються. Для кращого сприйняття колір фону вікон для різних прикладів різний.

Загалом програма тестує з 35 питань.

Програма пройшла верифікацію та тестування.

Комп'ютерний тренажер було передано у відповідний відділ ПУЕТ для впровадження в курс [1].

Тренажер було презентовано під час семінару «Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2020)». Опубліковані тези [22].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Ємець Ол-ра О. Дистанційний курс Полтавського університету економіки та торгівлі «Сучасні методи оптимізації та їх програмування» для студентів спеціальності «Комп'ютерні науки» / Ол-ра О. Ємець. – [Електронний ресурс].
2. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / С. Д. Штовба. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/1.php>.
3. Ємець О. О. Розв'язування задач комбінаторної оптимізації на нечітких множинах: монографія / О. О. Ємець, Ол-ра О. Ємець – Полтава: ПУЕТ, 2011. – 239 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/352>.
4. Раскин Л. Г. Нечеткая математика. Основы теории. Приложения / Л. Г. Раскин, О. В. Серая. – Х.: Парус, 2008. – 352 с.
5. Захаров А. А. Методы достижения ученического (первого) уровня деятельности при изучении физической терминологии отстающими школьниками / А. А. Захаров, А. В. Купреева, Д. О. Петрищев. 13 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ooo245.ru.
6. Захаров А. А. Тренажер по физической терминологии (9 класс) / А. А. Захаров, А. В. Купреева. – 27 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ooo245.ru.
7. Ємець О. О. Про розробку тренажерів для дистанційних курсів кафедрою ММСІ ПУЕТ / О. О. Ємець // Інформатика та системні науки (ІСН-2015): матеріали VI Всеукр. наук.-практ. конф. за міжнародною участю (м. Полтава, 19-21 березня 2015 р.) / за ред. Ємця О. О. – Полтава: ПУЕТ, 2015. – С. 152-161. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/2488>.
8. Марченко Д. А. Програмування навчального тренажера з теми «Переставні многогранники» дистанційного навчального курсу «Елементи комбінаторної оптимізації» / Д. А. Марченко, О. О. Ємець // VIII Всеукр. наук.-

практ. конф. за міжнародною участю «Інформатика та системні науки» (м. Полтава, 16-18 березня 2017 р.) / за ред. О. О. Ємця. – Полтава: ПУЕТ, 2017. – С. 190-192.

9. Педоренко С. В. Розробка тренажера з теми «М-метод» дистанційного навчального курсу «Методи оптимізації та дослідження операцій» / С. В. Педоренко, О. О. Ємець // VIII Всеукр. наук.-практ. конф. за міжнародною участю «Інформатика та системні науки» (м. Полтава, 16-18 березня 2017 р.) / за ред. О. О. Ємця. – Полтава: ПУЕТ, 2017. – С. 213-216.

10. Потерайло О. О. Програмування навчального тренажера для градієнтного методу оптимізації нелінійних функцій дистанційного навчального курсу «Методи оптимізації та дослідження операцій» / О. О. Потерайло, О. О. Ємець // VIII Всеукр. наук.-практ. конф. за міжнародною участю «Інформатика та системні науки» (м. Полтава, 16-18 березня 2017 р.) / за ред. О. О. Ємця. – Полтава: ПУЕТ, 2017. – С. 223-225.

11. Примов Х. Н. Тренажер «Комплексные числа» и его программная реализация // VIII Всеукр. наук.-практ. конф. за міжнародною участю «Інформатика та системні науки» (м. Полтава, 16-18 березня 2017 р.) / Х. Н. Примов / за ред. О. О. Ємця. – Полтава: ПУЕТ, 2017. – С. 228-232.

12. Григор'єв В. В. Тренажер «Побудова математичної моделі однієї лінійної задачі» / В. В. Григор'єв, О.О. Ємець // Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2019): матеріали наук.-практ. семінару. Випуск 4. / За ред. Ємця О. О. – Полтава: Кафедра ММСІ ПУЕТ, 2019. – С. 12-15. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/7455>.

13. Ємець О. О. Про розробку тренажерів для дистанційних курсів кафедрою ММСІ ПУЕТ / О. О. Ємець // Інформатика та системні науки (ІСН-2015): матеріали VI Всеукр. наук.-практ. конф. за міжнародною участю (м. Полтава, 19-21 березня 2015 р.) / за ред. Ємця О. О. – Полтава: ПУЕТ, 2015. – С. 152-161. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/2488>.

14. Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2018): матеріали науково-практичного семінару. Випуск 1 / За ред. Ємця О.О. – Полтава: Кафедра

ММСІ ПУЕТ, 2018. – 64 с. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/6563>.

15. Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2018): матеріали науково-практичного семінару. Випуск 2 / за ред. Ємця О.О. – Полтава: Кафедра ММСІ ПУЕТ, 2018. – 27 с. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/6987>.

16. Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2019): матеріали науково-практичного семінару. Випуск 3 / за ред. Ємця О.О. – Полтава: Кафедра ММСІ ПУЕТ, 2019. – 83 с. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/7048>.

17. Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2019): матеріали науково-практичного семінару. Випуск 4 / за ред. Ємця О.О. – Полтава: Кафедра ММСІ ПУЕТ, 2019. – 37 с. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/7528>.

18. Культин Н. Основы программирования в Delphi 2010. / Н. Культин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 438 с.

19. Осипов Д. Л. Delphi. Программирование для Windows, OS X, iOS и Android / Л. Д. Осипов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 464 с.

20. Примеры использования Drag and Drop для различных визуальных компонентов. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.delphimaster.ru/articles/dragndrop/index.html>.

21. Delphi уроки: drag&drop, учимся перетаскивать картинку по форме. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://delphiexpert.ru/delphi-uroki-draganddrop-uchimsya-peretaskivat-kartinku-po-forme.html>.

22. Антоненко А. А. Тренажер «Дефазифікація нечітких множин» / А. А. Антоненко, О.О. Ємець // Комп'ютерні науки і прикладна математика (КНіПМ-2020): матеріали наук.-практ. семінару. Випуск 5. / За ред. Ємця О. О. – Полтава: Кафедра ММСІ ПУЕТ, 2020. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/8266>.